

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

РУП «ИНСТИТУТ ОВОЩЕВОДСТВА»

ОВОЩЕВОДСТВО

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ТОМ 30

Основан в 1971 году

**Самохваловичи
РУП «Институт овощеводства»
2022**

Редакционная коллегия:

А. И. Чайковский (**главный редактор**), С. Ф. Буга,
Г. И. Гануш, Е. С. Досина-Дубешко, Ю. М. Забара, А. В. Кильчевский,
Н. П. Купреенко, Н. В. Кухарчик, В. А. Матвеев, Л. А. Мишин,
В. Л. Налобова, В. В. Опимах, И. В. Павлова, Ж. А. Рупасова,
М. Ф. Степура, А. Я. Хлебородов

Editorial board:

A. I. Chaykovskiy (**editor-in-chief**), S. F. Buga, G. I. Ganush,
E. S. Dosina-Dubeshko, Yu. M. Zabara, A. V. Kilchevskiy, N. P. Kupreenko,
N. V. Kuharchik, V. A. Matveev, L. A. Mishyn, V. L. Nalobova, V. V. Opimah,
I. V. Pavlova, Zh. A. Rupasova, M. F. Stepuro, A. Ya. Khleborodov

СОДЕРЖАНИЕ

Босак В. Н., Сачивко Т. В., Цыркунова О. А., Блохин А. А. СОДЕРЖАНИЕ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЗЕЛЕННЫМИ, ПРЯНОАРОМАТИЧЕСКИМИ И ЭФИРНОМАСЛИЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ	6
Дыдышко Н. В. АНАЛИЗ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ ПЕРЦА ОСТРОГО (<i>CAPSICUM ANNUM</i> L.) В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ	14
Козловская И. П. ОЦЕНКА СПОСОБОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ГРУНТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАННЮЮ УРОЖАЙНОСТЬ ОГУРЦА ПРИ БЕССУБСТРАТНОМ ВЫРАЩИВАНИИ В ЗИМНИХ ТЕПЛИЦАХ	20
Никонович Т. В. ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ПИГМЕНТОВ В ХЛОРО- И ХРОМОПЛАСТАХ ПЛОДОВ ТОМАТА	26
Опимах В. В., Григаленок А. С., Урбан Э. П., Азизбекян С. Г., Рупасова Ж. А., Криницкая Н. Б., Задаля В. С., Сулим Д. О., Добрянская К. А. ВЛИЯНИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТИМУЛЯТОРА НАНОПЛАНТ ПРИ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН МОРКОВИ СТОЛОВОЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ	37
Опимах В. В., Григаленок А. С., Урбан Э. П., Азизбекян С. Г., Рупасова Ж. А., Сулим Д. О. ВЛИЯНИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТИМУЛЯТОРА НАНОПЛАНТ ПРИ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ	45
Опимах В. В., Григаленок А. С., Урбан Э. П., Рупасова Ж. А., Сулим Д. О., Добрянская К. А. ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА РАСТЕНИЙ ДАЙКОНА И СРОКОВ ПОСЕВА СЕМЯН НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ	54
Павлова И. В., Ермоленкова Г. В., Романова М. Л. АПОМИКСИС <i>ALLIUM</i> -ТИПА В СВЯЗИ С СИСТЕМАТИКОЙ И СЕЛЕКЦИЕЙ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР В БЕЛАРУСИ	62
Пашкевич А. М. РАЗВИТИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА ГОРОХА ОВОЩНОГО В КУЛЬТУРЕ МИКРОЗЕЛЕНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	72

Пашкевич А. М., Чайковский А. И., Досина-Дубешко Е. С., Соловей О. В., Халанькова В. В.	
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЙ ФАСОЛИ В ПИТОМНИКЕ КОНКУРСНОГО ИСПЫТАНИЯ	81
Пашкевич А. М., Чайковский А. И., Рупасова Ж. А., Криницкая Н. Б., Задаля В. С.	
ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И РАСТВОРИМЫХ САХАРОВ В МИКРОЗЕЛЕНИ ГОРОХА ОВОЩНОГО	89
Пашкевич А. М., Чайковский А. И., Рупасова Ж. А., В. Н. Решетников, Задаля В. С.	
ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФОНДА ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ПИГМЕНТОВ МИКРОЗЕЛЕНИ ГОРОХА ОВОЩНОГО	96
Пашкевич А. М., Чайковский А. И., Рупасова Ж. А., Трофимов Ю. В.	
ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРОДУКЦИОННО-БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОЗЕЛЕНИ ГОРОХА ОВОЩНОГО	104
Почтовая Н. Л., Скорина В. В.	
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОГУРЦА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ	110
Пугачева И. Г., Французенок А. В., Баева И. Е., Лещина Н. Ю., Добродькин М. М., Некрашевич Н. А., Бабак О. Г., Кильчевский А. В.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНОГО МАРКИРОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БОЛЕЗНЯМ И ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА ПЛОДОВ В СЕЛЕКЦИИ ТОМАТА (<i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i> L.) ДЛЯ ОТКРЫТОГО ГРУНТА	117
Романовский С. И.	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТА ЭФОРИЯ, КС ПРОТИВ ФИТОФАГОВ СЕМЕЙСТВА <i>THRIPIDAE</i> НА КАПУСТЕ КОЧАННОЙ	132
Сачивко Т. В.	
ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ <i>BORAGO OFFICINALIS</i> L.	139
Сидорова С. Г.	
АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОТНОШЕНИИ ВОЗБУДИТЕЛЯ БЕЛОЙ ГНИЛИ МОРКОВИ	147
Скорина В. В., Панкрутская Е. В.	
ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ	160

Скорина В. В., Скорина Вит. В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЧЕСНОКА ОЗИМОГО	168
Скорина Вит. В., Скорина В. В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТОМАТА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ НА КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ	175
Стадниченко М. А. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОЗБУДИТЕЛЯ БОТРИТИОЗА С МИКРООРГАНИЗМАМИ В УСЛОВИЯХ ЧИСТОЙ КУЛЬТУРЫ....	183
Станчук А. Э., Войтка Д. В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ И МИКРОУДОБРЕНИЯ В ОГРАНИЧЕНИИ ВРЕДНОСТИ БОЛЕЗНЕЙ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ В ПЕРИОД ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ	191
Степура М. Ф. ВЛИЯНИЕ ВИДОВ И ДОЗ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ АРБУЗА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ	200
Степура М. Ф., Матюк Т. В., Пась П. В. ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ТОВАРНОСТЬ КОЧАНОВ КАПУСТЫ	206
Степура М. Ф., Михнюк А. В., Меньков В. И. ВЛИЯНИЕ СУБСТРАТОВ ПРИ КОНТЕЙНЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ ТОМАТА В ТЕПЛИЦАХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОСТРАДАВШИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС	213
Цыркунова О. А., Сачивко Т. В. ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ МЯТЫ (<i>MENTHA</i>) ПО КОМПЛЕКСУ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ	220
Чайковский А. И. РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СЕМЕНОВОДСТВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	232
Чайковский А. И. «ЦИФРОВАЯ ТЕПЛИЦА»: КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОВОЩЕВОДСТВА В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ.....	242

УДК 633.81:631.523

В. Н. Босак, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности

Т. В. Сачивко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры ботаники и физиологии растений

О. А. Цыркунова, старший преподаватель

А. А. Блохин, аспирант

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

СОДЕРЖАНИЕ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЗЕЛЕННЫМИ, ПРЯНОАРОМАТИЧЕСКИМИ И ЭФИРНОМАСЛИЧНЫМИ КУЛЬТУРАМИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследований по изучению химического состава и выноса элементов питания зелеными, пряноароматическими и эфирномасличными культурами (базилик, герань крупнокорневищная, горчица черная, душица обыкновенная, иссоп лекарственный, лаванда узколистная, лук душистый, лук многоярусный, мята перечная, бораго, пажитник голубой, рута душистая).

Установлены содержание основных макро- и микроэлементов (азот, фосфор, калий, кальций, магний, медь, цинк, железо) в товарной продукции исследуемых растений, а также показатели их нормативного выноса.

Ключевые слова: зеленые, пряноароматические и эфирномасличные культуры; химический состав; нормативный вынос.

ВВЕДЕНИЕ

Среди сельскохозяйственных культур зеленые, пряноароматические и эфирномасличные культуры занимают особое место в связи с их востребованностью в различных отраслях экономики: пищевой промышленности, традиционной и народной медицине, парфюмерии и косметологии и т. д. [1–3].

При возделывании зеленых, пряноароматических и эфирномасличных культур, наряду с получением высоких урожаев товарной продукции, необходимо уделять особое внимание ее качеству. Ориентация на показатели биохимического состава, а также содержание основных химических элементов позволяет сбалансировать питание человека и обеспечить организм необходимым количеством полезных веществ. Нашему организму необходимо до 85 макро- и микроэлементов, значительную часть которых получают именно из различных пряностей и специй [4–10].

Среди показателей продуктивности зеленых, пряноароматических и эфирномасличных культур большое значение имеют также общий (хозяйственный)

и нормативный (удельный) вынос элементов питания с 1 т товарной и соответствующим количеством побочной продукции [11–19].

Показатели общего (хозяйственного) выноса (B_x), которые зависят от содержания элементов питания и урожайности основной и товарной продукции, используются главным образом для расчета баланса элементов питания и гумуса в почве [20–25]:

$$B_x = Y_{co} \times C_o + Y_{сп} \times C_{п},$$

где Y_{co} и $Y_{сп}$ – урожай сухого вещества основной и побочной продукции, ц/га;

C_o и $C_{п}$ – содержание элемента питания в сухом веществе основной и побочной продукции, %.

Более универсальным показателем выноса элементов питания является их нормативный (удельный) вынос с 1 т товарной и соответствующим количеством побочной продукции (B_n):

$$B_n = \frac{B_x \times 10}{Y_{ост}},$$

где $Y_{ост}$ – урожай основной продукции при стандартной влажности, ц/га.

Показатели удельного выноса, которые рассчитываются на основании обобщенных данных большого количества полевых опытов, используют для расчета доз удобрений (D) под сельскохозяйственные культуры [25–28]:

$$D = \frac{Y_{п} \times B_n \times K_v}{1000},$$

где $Y_{п}$ – планируемая урожайность, ц/га;

B_n – нормативный вынос элементов питания с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг;

K_v – коэффициент возмещения выноса (коэффициент возврата), %;

1 000 – коэффициент перевода.

Цель исследования – установить особенности химического состава и выноса элементов питания зелеными, пряноароматическими и эфирномасличными культурами на дерново-подзолистых почвах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению содержания и выноса основных элементов питания зелеными, пряноароматическими и эфирномасличными культурами проводили на протяжении 2010–2022 гг. в полевых опытах в Горецком районе Могилевской области в условиях дерново-подзолистой суглинистой почвы.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта имела следующие показатели: pH_{KCl} – 6,5–6,8, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 390–410 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 370–390 мг/кг почвы, гумуса (0,4 н $K_2Cr_2O_7$) – 2,9–3,1 % (индекс агрохимической окультуренности 1,0).

Изучаемые культуры: базилик обыкновенный (*Ocimum basilicum* L.), базилик тонкоцветный (*Ocimum tenuiflorum* L.), базилик килиманджарский

(*Ocimum kilimandscharicum* Willd.), базилик американский (*Ocimum canum* Sims.), иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.), душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), лук многоярусный (*Allium×proliferum* (*Allium cepa*×*Allium fistulosum*)), лук душистый (*Allium odorum* L.), огуречная трава (*Borago officinalis* L.), пажитник голубой (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.), рута душистая (*Ruta graveolens* L.), горчица черная (*Brassica nigra* Koch.), герань крупнокорневищная (*Geranium macrorrhizum* L.), мята перечная (*Mentha×piperita* L.), лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Агротехника возделывания зеленных, пряноароматических и эфирномасличных культур и статистическая обработка данных – общепринятые для Республики Беларусь [3, 29–32].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате обобщения данных полевых опытов установлено, что содержание основных элементов питания в зеленой массе исследуемых зеленных, пряноароматических и эфирномасличных культур во многом зависело от биологических особенностей растений (табл. 1).

Содержание азота (N) в зеленой массе изучаемых культур изменялось от 1,14–2,31 (иссоп лекарственный) до 2,67–3,12 % (пажитник голубой).

Таблица 1 – Содержание элементов питания в зеленой массе зеленных, пряноароматических и эфирномасличных культур, % в сухом веществе

Культура	Азот	Фосфор	Калий	Кальций	Магний
Базилик американский	2,47–2,51	0,62–0,71	2,07–3,11	1,75–1,86	0,45–0,49
Базилик килиманджарский	2,51–2,59	0,58–0,77	2,16–3,21	1,71–1,82	0,61–0,68
Базилик обыкновенный	2,32–2,71	0,56–0,76	2,02–3,14	1,35–2,59	0,41–0,71
Базилик тонкоцветный	2,62–2,70	0,84–0,91	2,07–3,01	1,68–1,79	0,58–0,63
Герань крупнокорневищная	1,88–2,07	0,31–0,82	0,94–1,81	1,32–1,83	0,21–0,26
Горчица черная	1,78–3,05	0,37–0,55	1,43–2,29	1,72–2,32	0,30–0,33
Душица обыкновенная	1,31–1,64	0,29–0,65	1,14–1,94	0,65–1,09	0,16–0,39
Иссоп лекарственный	1,14–2,31	0,31–0,65	1,14–1,58	1,13–1,92	0,42–0,52
Лаванда узколистная	1,75–1,85	0,26–0,30	0,77–0,81	0,79–0,83	0,24–0,28
Лук душистый	2,59–2,81	0,36–0,60	1,47–1,62	0,67–0,79	0,25–0,33
Лук многоярусный	2,32–2,82	0,57–0,65	0,91–1,31	1,08–1,52	0,20–0,39
Мята перечная	1,42–2,80	0,40–0,54	0,80–0,94	1,72–2,03	0,30–0,42
Огуречная трава	2,76–2,89	0,64–1,09	1,75–2,11	3,68–3,72	0,37–0,63
Пажитник голубой	2,67–3,12	0,42–0,95	1,67–1,88	1,53–2,41	0,38–0,49
Рута душистая	2,05–2,23	0,29–0,35	1,52–1,97	1,44–1,54	0,22–0,26
НСР ₀₅	0,1	0,03	0,1	0,1	0,02

Содержание фосфора (P) в зеленой массе варьировало в зависимости от вида растения от 0,29–0,35 (рута душистая) до 0,64–1,09 % (огуречная трава); калия (K) – от 0,77–0,81 (лаванда узколистная) до 2,16–3,21 % (базилик килиманджарский); кальция (Ca) – от 0,67–0,79 (лук душистый) до 3,68–3,72 % (огуречная трава); магния (Mg) – от 0,16–0,39 (душица обыкновенная) до 0,41–0,571 % (базилик обыкновенный).

В семенах изучаемых растений содержание азота (N) изменялось от 2,05–2,35 % (душица обыкновенная) до 3,95–4,09 % (пажитник голубой); фосфора (P) – от 0,54–0,59 (рута душистая) до 0,69–0,74 % (иссоп лекарственный); калия (K) – от 0,62–0,68 (огуречная трава) до 1,19–1,35 % (пажитник голубой); кальция (Ca) – от 0,73–0,75 (лук душистый) до 2,50–2,72 % (рута душистая); магния (Mg) – от 0,28–0,32 (бораго) до 0,47–0,53 % (базилик тонкоцветный).

Наибольшее содержание меди (Cu) в наших исследованиях отмечено в зеленой массе пажитника голубого (9,23–11,27 мг/кг) и руты душистой (9,02–11,06 мг/кг). В зеленой массе других пряноароматических и эфирномасличных культур содержание меди составило от 5,83 до 8,92 мг/кг сухого вещества.

Содержание цинка (Zn) в зеленой массе изучаемых пряноароматических и эфирномасличных культур составило от 11,50–15,10 (иссоп лекарственный) до 35,43–37,47 мг/кг (лук многоярусный) сухого вещества.

Наибольшее содержание железа (Fe) отмечено в зеленой массе бораго (211,75–217,78 мг/кг), пажитника голубого (105,4–111,51 мг/кг), в зеленой массе других исследуемых культур – от 16,88 до 45,98 мг/кг сухого вещества.

Нормативный вынос основных элементов питания (азот, фосфор, калий, кальций, магний) с 1 т зеленой массы также несколько отличался в зависимости от возделываемой сельскохозяйственной культуры (табл. 2).

Таблица 2 – Нормативный вынос элементов питания зелеными, пряноароматическими и эфирномасличными культурами, кг

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Базилик американский	3,1	2,0	6,0	4,3	1,0
Базилик килиманджарский	3,5	2,5	6,5	4,5	1,5
Базилик обыкновенный	2,8	2,0	5,5	4,1	1,1
Базилик тонкоцветный	3,1	2,5	4,5	3,5	1,2
Герань крупнокорневищная	3,9	2,6	3,3	4,3	1,6
Горчица черная	4,8	2,1	4,5	5,1	1,0
Душица обыкновенная	3,0	2,2	3,7	2,4	0,9
Иссоп лекарственный	3,5	2,2	3,2	4,3	1,6
Лаванда узколистная	3,6	1,5	2,4	2,3	0,9
Лук душистый	5,4	2,2	3,7	2,0	1,0
Лук многоярусный	5,1	2,8	2,7	3,6	1,0
Мята перечная	4,2	2,2	2,5	5,0	1,2
Огуречная трава	5,7	4,0	4,7	7,4	1,7
Пажитник голубой	5,8	3,1	4,3	5,5	1,4
Рута душистая	4,3	1,5	4,2	4,1	0,8
Среднее	4,1	2,4	4,1	4,2	1,2

Наибольший нормативный вынос азота среди исследуемых культур отмечен у пажитника голубого (5,8 кг), наименьший – у базилика обыкновенного (2,8 кг с 1 т зеленой массы).

Для фосфора (P_2O_5) эти показатели составили: 4,0 кг – для огуречной травы (бораго) и по 1,5 – для лаванды узколистной и руты душистой; для калия (K_2O) – 6,5 кг для базилика килиманджарского и 2,4 – для лаванды узколистной; для кальция (CaO) – 7,4 кг для огуречной травы (бораго) и 2,0 – для лука душистого; для магния (MgO) – 1,7 кг для огуречной травы (бораго) и 0,8 – для руты душистой.

В среднем для изучаемых зеленных, пряноароматических и эфирномасличных культур нормативный (удельный) вынос составил: азот – 4,1 кг, фосфор – 2,4, калий – 4,1, кальций – 4,2 и магний – 1,2 кг с 1 т зеленой массы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследованиях на дерново-подзолистой суглинистой почве содержание общего азота в зависимости от вида зеленных, пряноароматических и эфирномасличных культур в зеленой массе составило 1,14–3,12 %, фосфора – 0,29–1,09, калия – 0,77–3,21, кальция – 0,65–3,72, магния – 0,16–0,71 %, в семенах – соответственно 2,05–4,09 %, 0,54–0,74, 0,62–1,35, 0,73–2,72 и 0,28–0,53 %.

Содержание меди в зеленой массе изучаемых культур находилось на уровне 5,83–11,27, цинка – 11,50–37,47, железа – 16,88–217,78 мг/кг.

Средний нормативный (удельный) вынос с 1 т зеленой массы зеленных, пряноароматических и эфирномасличных культур составил: азот (N) – 4,1 кг, фосфор (P_2O_5) – 2,4, калий (K_2O) – 4,1, кальций (CaO) – 4,2 и магний (MgO) – 1,2 кг.

Список использованных источников

1. Генетические ресурсы растений. Пряно-ароматические и эфирномасличные культуры / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 22 с.
2. Сачивко, Т. В. Пряная грядка / Т. В. Сачивко // Хозяин. – 2013. – № 12. – С. 18–19.
3. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 19 с.
4. Биохимический состав пряно-ароматических, эфиромасличных и зеленных культур / В. Н. Босак [и др.] // Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах : зб. тез. III Міжнар. наук.-практ. конф., Селекційне, 23 липня 2020 р. / Ін-т овочівництва і баштанництва. – Вінниця : Твори, 2020. – Т. 1. – С. 85–86.
5. Босак, В. Н. Биохимический состав различных видов лука / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Современные методы обучения в химическом и экологическом образовании : материалы V Междунар. науч.-метод. конф., Горки, 16–18 мая 2017 г. / БГСХА ; ред.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2017. – С. 9–11.

6. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
7. Особенности биохимического состава пряно-ароматических, зеленных и декоративных культур / В. Н. Босак [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2018. – № 3. – С. 93–96.
8. Особенности химического состава пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В. Н. Босак [и др.] // Актуальные проблемы агрономии : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 2 нояб. 2020 г. / БГСХА ; ред.: О. А. Цыркунова [и др.]. – Горки, 2020. – С. 10–11.
9. Сачивко, Т. В. Микроэлементный состав пряно-ароматических и зеленных культур / Т. В. Сачивко, М. В. Наумов, В. Н. Босак // Научно-инновационные основы развития отрасли овощеводства : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Самохваловичи, 22–24 авг. 2018 г. / Ин-т овощеводства ; ред.: А. И. Чайковский [и др.]. – Самохваловичи, 2018. – С. 39–40.
10. Сачивко, Т. В. Особенности химического состава семян пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки) : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф.; Крути, 11 березня 2021 р. / ДС «Маяк». – Обухів : Друкарня ФОП Гуляєва В. М., 2021. – Т. 1. – С. 127–129.
11. Босак, В. Н. Нормативный вынос элементов питания зелеными, пряно-ароматическими и эфирно-масличными культурами / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур : сб. ст. по материалам XVII Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 28–29 янв. 2021 г. / БГСХА ; ред.: А. С. Мастеров [и др.]. – Горки, 2021. – С. 41–42.
12. Босак, В. Н. Содержание и вынос основных элементов питания сельскохозяйственными культурами на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. Н. Босак, О. Ф. Смеянович, Е. С. Малей // Почвоведение и агрохимия. – 2002. – №. 32. – С. 79–88.
13. Босак, В. Н. Содержание и вынос элементов питания бобовыми овощными культурами / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, О. Н. Минюк // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур : сб. ст. по материалам XVI Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 23–24 июня 2020 г. / БГСХА ; ред.: А. С. Мастеров [и др.]. – Горки, 2020. – С. 25–27.
14. Лапа, В. В. Химический состав и вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами в зависимости от почвенной кислотности и применения удобрений / В. В. Лапа, В. Н. Босак, О. Ф. Смеянович // Ахова раслін. – 2002. – № 5. – С. 9–11.
15. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – 183 с.
16. Применение удобрений при возделывании овощных культур / В. В. Скорина [и др.]. – Минск : БГТУ, 2012. – 16 с.

17. Разработка системы удобрения овощных культур / В. Н. Босак [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2009. – № 4. – С. 40–45.
18. Смеянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смеянович, В. Босак. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.
19. Содержание и вынос элементов питания бобовыми овощными культурами на дерново-подзолистых почвах / В. Н. Босак [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: агрономия. – Гродно : ГГАУ, 2021. – Т. 55. – С. 19–27.
20. Босак, В. Н. Баланс гумуса в севооборотах на дерново-подзолистых почвах / В. Н. Босак. – Минск : БелНИВНФХ в АПК, 2008. – 28 с.
21. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
22. Методика расчета баланса гумуса в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : БелНИВНФХ в АПК, 2007. – 20 с.
23. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : БелНИВНФХ в АПК, 2007. – 24 с.
24. Моделирование системы удобрения овощных культур / В. Босак [и др.] // Аграр. экономика. – 2011. – № 4. – С. 48–54.
25. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : Беларус. наука, 2007. – 390 с.
26. Методика определения потребности в минеральных удобрениях под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур на уровне района и области / В. И. Бельский [и др.]. – Минск : Ин-т экономики НАН Беларуси, 2006. – 44 с.
27. Методические указания по разработке программы расчетов по системе удобрения сельскохозяйственных культур на РС / В. В. Лапа [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2003. – 48 с.
28. Рекомендации для расчета на персональном компьютере оптимальных доз удобрений под овощные культуры / М. Ф. Степура [и др.]. – Минск : Ин-т овощеводства, 2012. – 36 с.
29. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – М. : Альянс, 2011. – 352 с.
30. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М. : Инфра-М, 2016. – 336 с.
31. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – М. : ВНИИО, 2011. – 650 с.
32. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки : БГСХА, 2017. – 315 с.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

V. N. Bosak, T. V. Sachivko, O. A. Tsyркunova, A. A. Blohin

**CONTENT AND REMOVAL OF THE NUTRIENTS
OF GREEN, AROMATIC AND ESSENTIAL-OIL PLANTS
ON SOD-PODZOLIC SOILS**

SUMMARY

The results of the study on the chemical composition and removal of the nutrients of green, aromatic and essential-oil plants are presented (basil, big-root crane, black mustard, oregano, hyssop, lavender, garlic chives, tree onion, peppermint, borage, blue fenugreek, common rue).

As a result of the research, the content of the main macro- and microelements (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, zinc, iron) in the products of the studied plants, as well as indicators of their normative removal, were established.

Key words: green, aromatic and essential-oil plants; chemical composition; normative removal.

Н. В. Дыдышко, старший преподаватель

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

АНАЛИЗ КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ ПЕРЦА ОСТРОГО (CAPSICUM ANNUM L.) В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты научно-исследовательской работы по изучению параметров комбинационной способности по ранней, общей урожайности и массе плода. Выявлены достоверные различия по эффектам общей комбинационной способности и специфической комбинационной способности материнских и отцовских форм по большинству изучаемых признаков. Высокими значениями обладали линии Девятка, Лара, Халापеньо, Агдас и тестеры Каин, Ежик. Для гетерозисной селекции с целью создания высокоурожайных гибридов рекомендуется использовать материнские линии Девятка, Лара, Халापеньо, Агдас и отцовские формы Каин, Ежик.

Ключевые слова: перец острый; топкросс; тестер; общая комбинационная способность; специфическая комбинационная способность.

ВВЕДЕНИЕ

Для создания высокоурожайных сортов и гибридов различных сельскохозяйственных культур селекционер решает задачу подбора родительских образцов для гибридизации. Поэтому очень важно предсказать, какие комбинации скрещиваний приведут в первом поколении к проявлению гетерозисного эффекта. Комбинационная способность любого генотипа обуславливается доминантным состоянием генов, которые отвечают за проявление и степень выраженности конкретного признака.

Комбинационная способность – это способность отдельных линий давать при скрещивании с другой линией или сортом гетерозисное гибридное потомство, обладающее повышенной жизнеспособностью и урожайностью [6, 7].

Разделяют два вида комбинационной способности – общую и специфическую. Общая комбинационная способность (ОКС) характеризует среднюю величину гетерозиса данного сорта в гибридных комбинациях. Специфическая комбинационная способность (СКС) характеризует величину гетерозиса в конкретной гибридной комбинации, которая может оказаться лучше или хуже, чем ожидалось на основании ОКС [4,1].

На начальном этапе селекционного процесса изучение комбинационной способности родительских линий можно проводить методом топкросса [8]. Использование этого метода позволяет довольно точно определить комбинационную способность родительских образцов и провести основную браковку худших из них без риска потери ценного материала. В связи с этим целью

наших исследований являлась оценка комбинационной способности исходных форм перца острого по признакам ранняя, общая урожайность и масса плода, а также выделение источников и доноров лучших показателей для дальнейшего использования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлись сорта и гибриды перца острого, полученные по схеме топкросса. Для изучения комбинационной способности были взяты 35 гибридов, выведенных на основе следующих линий: Девятка, Волгоград, Лара, Халапеньо, Агдас, Зимрид, Чегевара. В качестве тестеров использовались Каин, Китай, Феферона красная, Красный дракон, Ежик. Стандартом служил сорт Ежик. Полученные гибридные комбинации первого поколения выращивались в 2018–2020 гг. в поликарбонатных теплицах кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Закладка опыта осуществлялась по общепринятым методикам и методическим указаниям. Определение параметров ОКС и СКС проводили по методу О. Kempthorne [9] с применением компьютерной программы AGROS [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты дисперсионного анализа комбинационной способности по схеме топкроссов свидетельствуют о существенных различиях между исследуемыми гибридами по большинству признаков.

Исключение составили ОКС тестеров и СКС по ранней урожайности в 2018 г., СКС по общей урожайности и средней массе плода в 2019 г., по которым существенных различий не было обнаружено (табл.1).

Нами выявлено преобладание аддитивных эффектов над неаддитивными по ранней общей урожайности и массе плода в 2018–2020 гг. на основании анализа отношения средних квадратов ОКС линий и тестеров к СКС. Исключение

Таблица 1 – Дисперсионный анализ комбинационной способности родительских форм перца острого

Признак	Год	Средние квадраты					
		ОКС линий	ОКС тестеров	СКС	ОКС линий СКС	ОКС тестеров СКС	Случайные
Ранняя урожайность	2018	0,115**	0,041	0,017	6,765	2,412	0,020
	2019	0,327**	0,314**	0,037**	8,838	8,486	0,006
	2020	0,597**	0,220**	0,062	9,629	3,548	0,050
Общая урожайность	2018	1,258**	0,255**	0,320**	3,931	0,797	0,013
	2019	0,637**	1,380**	0,210	3,033	6,571	0,137
	2020	0,876**	1,501**	0,113**	7,752	13,283	0,044
Средняя масса плода	2018	85,547**	58,590**	26,114**	3,276	2,244	3,733
	2019	209,934**	116,001**	4,237	49,548	27,378	6,167
	2020	220,816**	93,768**	14,633**	15,090	6,408	3,933

* Достоверно при $P = 0,05$.

** Достоверно при $P = 0,01$.

составила общая урожайность в 2018 г. (0,797), что свидетельствует о неаддитивных эффектах.

В таблице 2 представлены параметры комбинационной способности родительских форм перца острого в схеме топкроссов по хозяйственно ценным признакам в 2018 г.

Результат анализа комбинационной способности родительских форм перца острого в 2018 г. показал, что самые высокие положительные показатели эффекта ОКС по ранней и общей урожайности отмечены у материнских линий Лара, Девятка и Волгоград. У тестеров по эффектам ОКС выделился по ранней урожайности сорт Феферона красная (0,127), по общей урожайности – Китай (0,249). Оценка показателей эффекта ОКС по массе плода позволяет выделить линии Девятка (6,094), Лара (2,514), тестер Каин (2,626).

Параметры комбинационной способности по результатам 2019 г. представлены в таблице 3. Наиболее высокие значения эффектов ОКС по ранней урожайности отмечены у материнских форм Лара (0,427), Девятка (0,113), у тестеров по эффектам ОКС донором ранней урожайности являлся сорт Ежик (0,315). Высокие варианты СКС по ранней урожайности имели следующие материнские линии: Лара (0,046), Зимрид (0,041), а также тестер Ежик (0,045). Анализ комбинационной способности перца острого по общей урожайности позволяет выделить линии с высокими значениями ОКС – Волгоград (0,349), Халапеньо (0,283), Лара (0,241) и сорт-тестер Ежик (0,775). Высокую оценку показателей ОКС по массе плода имели линии Девятка (7,663), Агдас (6,083), Лара (3,323), среди тестеров выделились два образца: Ежик (5,080) и Каин (2,566), эти же образцы имели наибольшие значения вариантов СКС.

Таблица 2 – Комбинационная способность родительских форм перца острого в схеме топкроссов по хозяйственно ценным признакам, 2018 г.

Родительские образцы	Параметры комбинационной способности					
	Эффекты ОКС			Вариансы СКС		
	Ранняя урожайность	Общая урожайность	Масса плода	Ранняя урожайность	Общая урожайность	Масса плода
Линии						
Девятка	0,022	0,557	6,094	0,022	0,362	22,388
Волгоград	0,182	0,317	–5,006	0,021	0,048	7,533
Лара	0,210	0,617	2,514	0,026	0,913	10,094
Халапеньо	–0,228	–0,143	–0,206	0,003	0,141	1,406
Агдас	–0,064	–0,563	0,014	0,015	0,321	88,794
Зимрид	0,018	–0,203	2,054	0,0001	0,049	23,042
Чегевара	–0,060	–0,583	–5,468	0,014	0,089	3,431
Тестеры						
Каин	–0,060	–0,165	2,626	0,007	0,132	25,659
Китай	0,008	0,249	–4,631	0,019	0,291	6,108
Феферона красная	0,127	0,123	–0,917	0,027	0,263	5,037
Красный дракон	–0,020	0,163	1,354	0,004	0,108	7,681
Ежик	0,056	–0,123	1,569	0,011	0,488	59,974

Таблица 3 – Комбинационная способность родительских форм перца острого в схеме топкроссов по хозяйственно ценным признакам, 2019 г.

Родительские образцы	Параметры комбинационной способности					
	Эффекты ОКС			Вариансы СКС		
	Ранняя урожайность	Общая урожайность	Масса плода	Ранняя урожайность	Общая урожайность	Масса плода
Линии						
Девятка	0,113	0,209	7,663	0,013	0,019	4,466
Волгоград	0,027	0,349	–7,377	0,028	0,307	1,138
Лара	0,427	0,241	3,323	0,046	0,074	2,538
Халапеньо	–0,203	0,283	0,183	0,029	0,313	1,388
Агдас	–0,087	–0,267	6,083	0,034	0,024	7,278
Зимрид	0,095	–0,233	–0,357	0,041	0,104	2,940
Чегевара	–0,373	–0,579	–9,517	0,028	0,419	5,675
Тестеры						
Каин	0,043	–0,162	2,566	0,029	0,105	1,079
Китай	–0,258	–0,108	–5,491	0,026	0,247	7,177
Феферона красная	0,008	–0,145	–1,920	0,025	0,084	2,537
Красный дракон	–0,108	–0,359	–0,234	0,021	0,089	1,632
Ежик	0,315	0,775	5,080	0,045	0,314	4,524

Данные таблицы 4 свидетельствуют, что в 2020 г. линии Лара (0,202) и Девятка (0,667) обладали высокими эффектами ОКС по ранней урожайности, также высокие значения варианс СКС выявлены у линий Лара (0,198) и Халапеньо (0,051). Среди тестеров по этому признаку наибольшее значение

Таблица 4 – Комбинационная способность родительских форм перца острого в схеме топкроссов по хозяйственно ценным признакам, 2020 г.

Родительские образцы	Параметры комбинационной способности					
	Эффекты ОКС			Вариансы СКС		
	Ранняя урожайность	Общая урожайность	Масса плода	Ранняя урожайность	Общая урожайность	Масса плода
Линии						
Девятка	0,667	0,545	10,037	0,028	0,061	50,774
Волгоград	0,028	–0,147	–6,683	0,039	0,075	1,560
Лара	0,202	–0,011	1,737	0,198	0,136	4,968
Халапеньо	–0,240	0,345	–1,303	0,051	0,187	6,103
Агдас	–0,090	0,086	5,617	0,029	0,029	12,388
Зимрид	–0,246	–0,041	–0,283	0,013	0,091	8,669
Чегевара	–0,320	–0,777	–9,123	0,013	0,094	3,339
Тестеры						
Каин	0,217	–0,147	3,369	0,066	0,158	7,889
Китай	–0,259	–0,303	–4,446	0,045	0,049	19,594
Феферона красная	0,099	–0,110	–2,817	0,023	0,049	8,949
Красный дракон	–0,029	–0,255	0,083	0,058	0,125	18,421
Ежик	0,027	0,817	3,811	0,056	0,068	3,682

эффектов ОКС и варианс СКС наблюдалось у образца Каин. Высокую ОКС по общей урожайности следует отметить у линий Девятка (0,545), Халапеньо (0,345) и тестера Ежик (0,817). Наибольшие значения варианс СКС по этому признаку имели линии Халапеньо (0,187) и Лара (0,136), тестеры Каин (0,158) и Красный дракон (0,125). Донорами признака «масса плода» стали линии Девятка (10,037), Агдас (5,617), Лара (1,737) и тестеры Ежик (3,811), Каин (3,369). Высокие значения варианс СКС имели линии Девятка (50,77), Агдас (12,388) и тестеры Китай (19,594), Красный дракон (18,421).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение комбинационной способности перца острого по ранней, общей урожайности и массе плода позволило выделить ценные сорта и линии перца острого с высоким комплексом хозяйственно ценных признаков.

Нами установлено преобладание аддитивных эффектов над неаддитивными по ранней, общей урожайности и массе плода в годы исследований. Исключение составили показатели по общей урожайности в 2018 г., что свидетельствует о неаддитивном эффекте.

По ранней урожайности в динамике лет высокую ОКС имели линии Лара и Девятка, а также тестер Феферона красная; по общей урожайности высокие показатели ОКС и СКС имели линии Лара, Девятка, Халапеньо и тестер Ежик; по массе плода – линии Девятка, Агдас, Лара и тестеры Каин, Ежик.

Отмеченные образцы перца острого следует рекомендовать для получения урожайных гибридов F₁.

Список использованных источников

1. Генетические основы селекции растений : в 4 т. / науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Беларус. навука, 2020. – Т. 2 : Частная генетика растений. – 663 с.
2. Дыдышко, Н. В. Анализ эффекта гетерозиса у гибридов F₁ перца острого по признакам продуктивности / Н. В. Дыдышко, Т. В. Никонович // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2022. – № 1. – С. 118–123.
3. Дыдышко, Н. В. Проявление эффекта гетерозиса и характер наследования биохимического состава плодов у гибридов F₁ перца острого / Н. В. Дыдышко, Т. В. Никонович // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2022. – № 1. – С. 108–112.
4. Пышная, О. Н. Селекция перца / О. Н. Пышная, М. И. Мамедов, В. Ф. Пивоваров. – М. : Изд-во ВНИИССОК, 2012. – 248 с.
5. Савченко, В. К. Генетический анализ в сетевых пробных скрещиваниях / В. К. Савченко. – Минск : Наука и техника, 1984. – 223 с.
6. Турбин, Н. В. Генетика гетерозиса и методы селекции растений на комбинационную ценность / Н. В. Турбин // Вестн. с.-х. науки. – 1967. – № 3. – С. 16–21.
7. Хотылева, Л. В. Анализ различных схем скрещивания для оценки общей комбинационной способности исходного материала томата по раннему и

общему урожаю / Л. В. Хотылева, Л. А. Мишин, Л. В. Тарутина // Овощеводство : сб. науч. тр. – Минск, 1996. – Вып. 9. – С. 38–43.

8. Хотылева, Л. В. Принципы и методы селекции на комбинационную способность в селекции гибридной кукурузы / Л. В. Хотылева. – Минск : Наука и техника, 1965. – С. 3–80.

9. Kempthorne, O. An introduction to genetics statistics / O. Kempthorne. – New York, 1957. – P. 468–472.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

N. V. Dydyshko

**ANALYSIS OF COMBINING ABILITY OF PARENTAL
FORMS OF HOT PEPPER (*CAPSICUM ANNUM* L.)
IN PROTECTED GROUND**

SUMMARY

The article presents the results of a research work on the parameters of combining ability based on early, total yield and fruit weight. Significant differences in the effects of general combining ability and specific combining ability of male and female parent forms were revealed for most of the studied characteristics. High values were shown by the lines Devyatka, Lara, Jalapeno, Agdas and testers Cain, Ezhik. For heterosis breeding in order to create high-yielding hybrids, it is recommended to use the female parent lines Devyatka, Lara, Jalapeno, Agdas and male parent forms Cain, Ezhik.

Key words: hot pepper; topcross; tester; general combining ability; specific combining ability.

И. П. Козловская, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры ЭМТП и агротехнологий
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск

ОЦЕНКА СПОСОБОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ГРУНТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАННЮЮ УРОЖАЙНОСТЬ ОГУРЦА ПРИ БЕССУБСТРАТНОМ ВЫРАЩИВАНИИ В ЗИМНИХ ТЕПЛИЦАХ

РЕЗЮМЕ

Обоснована целесообразность теплоизоляции грунта в зимних теплицах подстиланием воздушно-пузырьковой пленкой при выращивании огурца. Рекомендуемый технологический прием обеспечивает повышение урожайности огурца в феврале – марте в сравнении с общепринятым (подстилание пластиковой пленкой).

Ключевые слова: зимние теплицы; бессубстратная технология; огурец; пластиковая пленка; воздушно-пузырьковая пленка; прибавка урожайности.

ВВЕДЕНИЕ

Беларусь относится к странам с самодостаточным производством сельскохозяйственной продукции, входит в пятерку лидеров по среднечеловеческому производству зерна (935 кг), занимает 5-е место в мире по производству ржи, 10-е – по производству гречихи, 11-е – по производству картофеля, 14-е – по производству сахарной свеклы [1].

По большинству основных групп продуктов питания их потребление жителями Беларуси соответствует установленным нормам. Однако потребление овощей, бахчевых культур и продуктов их переработки составляет только 152 кг в год на душу населения при норме от 133 до 182 кг в зависимости от коэффициента физической активности [2].

Для оптимизации структуры питания населения Республики Беларусь необходимо увеличить потребление овощей, особенно в свежем виде. При этом организм человека получает широкий спектр всевозможных витаминов, минералов, физиологически активных веществ и клетчатки. Особое значение имеет пополнение рациона свежими овощами во внесезонное время [3].

В обеспечении населения свежими овощами во внесезонное время особую роль играет тепличный комплекс. В настоящее время тепличный комплекс республики включает 21 крупное тепличное хозяйство. Площадь зимних теплиц превышает 261 га, из них зимних теплиц современных конструкций (энергосберегающих) почти 160 га, что составляет более 60 % от общей площади теплиц.

Однако пик производства тепличных овощей приходится на май – июнь – от 15 до 21 тыс. т в месяц (2018–2021 гг.), а в феврале выращивается только от 1,0 до 2,1 тыс. т, в марте – 4,9–5,3 тыс. т [4].

Создать в теплицах температурный режим, необходимый для роста и развития растений, без затрат дополнительной энергии, извлекаемой при сжигании топлива, невозможно. Функционирование тепличного агроценоза, его устойчивость и продуктивность зависят от эффективности использования энергетических субсидий [5]. В условиях Республики Беларусь доля энергоресурсов в структуре затрат на производство овощной продукции в зимних теплицах составляет от 30 до 40 %.

Учитывая тот факт, что основная часть топливных энергоносителей импортируется, изыскание любых резервов их экономии за счет совершенствования технологий выращивания овощных культур, несомненно, имеет как научное, так и практическое значение.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Низкая рентабельность тепличного овощеводства в начале текущего столетия явилась важнейшей предпосылкой модернизации теплиц путем внедрения малообъемных технологий. Повышение урожайности тепличных овощей за счет оптимизации условий роста и развития растений, снижение трудозатрат и экономия ресурсов – основные преимущества малообъемных технологий. При этом современные тепличные комбинаты остаются по-прежнему крупными потребителями энергии, так как функционирование, устойчивость и продуктивность агроценоза полностью зависят от энергетических субсидий.

За счет роста цен на энергоносители, водорастворимые минеральные удобрения и средства защиты растений рентабельность отрасли существенно снизилась. В структуре затрат на производство тепличных овощей особое место занимают энергоносители, на долю которых приходится около 50 %.

В структуре затрат в тепличном овощеводстве весьма существенную роль играет биоклиматический потенциал региона, а точнее его составляющая: радиационно-термический потенциал (РТП) – фундаментальная характеристика почвенно-климатических ресурсов, не поддающаяся регулированию в условиях открытого грунта, величина которой ограничена лишь приходом ФАР и термическим режимом. От него в зимних теплицах напрямую зависят расход энергоносителей и продолжительность отопительного периода. Так, в структуре затрат на производство тепличных овощей в условиях Витебской области на долю энергоносителей приходилось более 50 %, в природно-климатических условиях Брестской области – 29,5 % (рис.).

Некоторые производители с целью экономии энергоресурсов практикуют более поздние сроки посадки овощных культур вообще и огурца в частности. Это ведет к снижению объемов производства и не позволяет выполнять основного предназначения зимних теплиц – обеспечение населения витаминной продукцией в зимний и ранне-весенний периоды. Получение ранних урожаев, профилактика заболеваний, обусловленных нарушениями физиологического состояния растений, стабилизация их иммунного статуса достигаются за счет поддержания оптимальных температур в корнеобитаемой среде [6, 7].

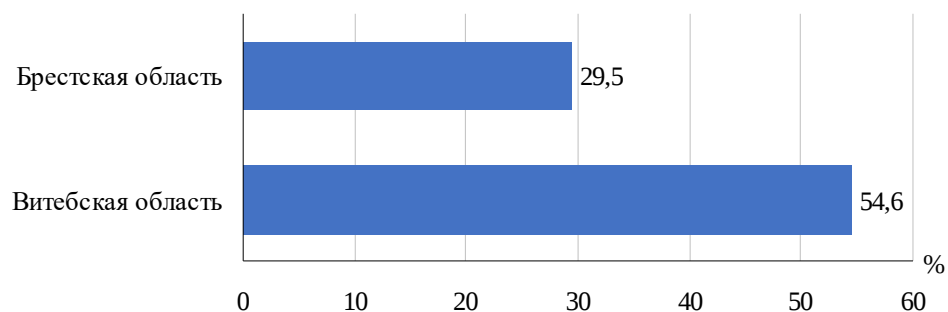


Рисунок – Удельный вес энергоресурсов в структуре затрат при производстве овощей в зимних теплицах, %

Активный рост и развитие корневой системы растений огурца наблюдаются только при соблюдении температурного режима в корнеобитаемой среде. Идеальным интервалом принято считать температуру от 18 до 24 °С. Низкая температура раствора обеспечивает содержание большего количества кислорода, но замедленный метаболизм, высокая температура – меньше кислорода, выше опасность отмирания корней и появления патогенов. Температура раствора в пластиковом рукаве не должна падать ниже 16 °С, иначе корни будут развиваться слишком медленно, что скажется на общем развитии растения [7, 8].

При использовании органических субстратов, обладающих высокой теплоемкостью, формировать стабильный температурный режим достаточно просто. А вот минеральные субстраты и водные растворы являются корнеобитаемыми средами, которые имеют минимальную эластичность по отношению к температурному фактору. Поэтому при использовании таких субстратов целесообразна хорошая термоизоляция почвы. Этот технологический прием обеспечит оптимизацию температурного режима корнеобитаемой среды и экономию энергоресурсов. Наряду с этим за счет полноценного развития растений возможно получение ранней продукции, которая составит конкуренцию импортной.

Нами изучены влияние вида пленки и особенности ее подстилки на раннюю урожайность огурца в зимних теплицах. Цель исследований – установить способ теплоизоляции грунта, обеспечивающий получение наибольшего количества витаминной овощной продукции в феврале – марте.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В Республике Беларусь внедрена бессубстратная технология выращивания тепличных культур [7, 9]. Разработанная технология основана на выращивании овощных культур в полиэтиленовых рукавах технологической системы, изготовленных из черно-белой пленки, в которые периодически подается питательный раствор. Первоначально он поступает в кубик с рассадой и распространяется по водоудерживающему материалу, расположенному во внутренней поверхности рукава, где и развивается мощная корневая система растений. Корни находятся над верхней частью полистирольного блока и в рабочем

растворе рукава технологической системы. По мере потребления корневой системой питательного раствора он периодически подается из растворного узла.

Внедрение бессубстратной технологии обеспечивает:

- снижение затрат на приобретение минеральной ваты, доставку, оплату таможенной пошлины, НДС, раскладку и уборку матов, предварительную расстановку рассады, прорезание щелей в матах для дренажа;
- экономию водорастворимых минеральных удобрений и поливной воды за счет исключения потерь с дренажом;
- экономию энергетических затрат за счет снижения потерь на подачу рабочих растворов;
- кроме этого, отсутствуют экологические проблемы, связанные с утилизацией отработанных матов минеральной ваты.

Специфика бессубстратной технологии заключается в том, что развитие корневой системы растений происходит в корнеобитаемой среде, состоящей из жидких и газообразных компонентов. В таких условиях формируется мощная корневая система, сохраняющая высокую физиологическую активность на протяжении всего периода вегетации.

Рассаду овощей выращивают в кубике минеральной ваты. При достижении рассадой стандартных размеров кубик закрепляют на полистирольном блоке. Корни растений прорастают в светонепроницаемый пластиковый рукав. Питание растений осуществляется через систему капельного полива, капельница закрепляется в кубике минеральной ваты. Для термоизоляции почвы традиционно используют пластиковую пленку.

Для уменьшения теплообмена между воздухом теплицы и грунтом, стабилизации температурного режима в корнеобитаемой среде нами предложено использовать подстилку воздушно-пузырьковой пленкой, теплоизолирующие свойства которой значительно выше за счет воздушных герметичных пузырьков. Эффективность приема оценивали по ранней урожайности огурца (табл.1), так как именно в первые месяцы вегетации (февраль – март) вероятность негативного влияния низких температур на корневую систему растений наибольшая, а по мере повышения температуры вне культивационных сооружений необходимость теплоизоляции почвы практически отпадает.

При бессубстратном выращивании огурца традиционно теплоизоляцию грунта осуществляют путем подстилания пластиковой пленкой. При использовании

Таблица 1 – Ранняя урожайность огурца (1 оборот) при различных способах теплоизоляции грунта, кг/м²

Вариант опыта	Февраль	Март
Пластиковая пленка 1 слой	5,00	12,8
Пластиковая пленка 2 слоя	5,54	13,3
Пластиковая пленка 1 слой + воздушно-пузырьковая пленка 1 слой	7,33	15,25
Воздушно-пузырьковая пленка 1 слой	7,32	15,32
Воздушно-пузырьковая пленка 2 слоя	7,55	15,30

$HCP_{05} = 0,16 \text{ кг/м}^2$

такого приема в феврале получена урожайность 5,00 кг/м², в марте – 12,8 кг/м². Двухслойное подстиление пластиковой пленкой обеспечило рост урожайности на 0,54 и 0,5 кг/м² соответственно.

При теплоизоляции грунта путем двухслойного подстилания разными видами пленки урожайность огурца в феврале составила 7,33 кг/м², в марте – 15,25 кг/м². Практически такой же оказалась ранняя урожайность огурца при однослойном и двухслойном подстилании воздушно-пузырьковой пленкой.

Сопоставление затрат на теплоизоляцию грунта и прибавки урожая при бессубстратном выращивании огурца в зимних теплицах позволяет установить, что для получения ранней продукции целесообразно подстилать полистирольный блок воздушно-пузырьковой пленкой в один слой (табл. 2). Этот технологический прием при весьма незначительном увеличении затрат (на 0,08 у. е/м²) обеспечивает прибавку урожайности огурца в феврале на 2,32 кг/м², в марте – на 2,52 кг/м², то есть ранняя урожайность выше, чем на контроле, на 4,84 кг/м². Подстиление в два слоя пластиковой и воздушно-пузырьковой пленкой и их сочетание обеспечивают практически такие же прибавки урожая, но существенно увеличивают затраты.

Таблица 2 – Затраты на теплоизоляцию грунта и прибавка урожайности при бессубстратном выращивании огурца

Вариант опыта	Затраты на теплоизоляцию грунта, у. е/м ²	Прибавка урожайности, кг/м ²		
		Февраль	Март	Всего
Пластиковая пленка 1 слой	0,3	0	0	0
Пластиковая пленка 2 слоя	0,6	0,54	0,5	1,04
Пластиковая пленка 1 слой + воздушно-пузырьковая пленка 1 слой	0,68	2,33	2,45	4,78
Воздушно-пузырьковая пленка 1 слой	0,38	2,32	2,52	4,84
Воздушно-пузырьковая пленка 2 слоя	0,76	2,55	2,5	5,05

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теплоизоляцию грунта в зимних теплицах при бессубстратном выращивании огурца целесообразно осуществлять путем однослойного подстилания воздушно-пузырьковой пленкой. Этот технологический прием в сравнении с общепринятым (подстиление пластиковой пленкой) при незначительном увеличении затрат обеспечивает прибавку ранней урожайности огурца на 4,84 кг/м² (в феврале и марте – на 2,32 и 2,52 кг/м² соответственно).

Список использованных источников

1. Продовольственная безопасность Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by/infographica/view/prodovolstvennaja-bezopasnost-belarusi-26589/>. – Дата доступа: 15.11.2022.

2. Рациональные нормы потребления пищевых продуктов: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-ogurcov-i-pomidorov-zaschishennogo-grunta-v-respublike-belarus>. – Дата доступа: 15.11.2022.
3. Технологии возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений /А. А. Аутко и [др.] ; под общ. ред. А. А. Аутко; Нац. акад. наук Беларуси и [др.]. – Минск : Беларус. навука, 2021. – 615 с.
4. Дулевич, Л. И. Рынок овощей и эффективность их производства в Республике Беларусь / Пища. Экология. Качество: тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф., Коасноярск, 18–19 мая 2016 г. // Красноярский гос. аграр. ун-т, 2016. – С. 369–375.
5. О производстве огурцов и помидоров защищенного грунта в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-ogurcov-i-pomidorov-zaschishennogo-grunta-v-respublike-belarus>. – Дата доступа: 02.08.2022.
6. Как в умных теплицах 4-го поколения выращивают овощи круглый год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/teplo-zemli-v-rukavakh.html>. – Дата доступа: 02.08.2022.
7. Козловская, И. П. Экономические и экологические аспекты тепличного овощеводства. Оценка производственных технологий. / И. П. Козловская // LAP LAMBERT Academic Publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG. – Saarbrücken, Германия, 2012. – 241 с.
8. Температура питательного раствора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://floragrowing.com/ru/encyclopedia/temperatura-pitatelnogo-rastvora>. – Дата доступа: 02.08.2022.
9. Аутко, А. А. Экологические и экономические преимущества бесубстратной технологии выращивания томата в зимних теплицах / А. А. Аутко, И. П. Козловская // Организационно-правовые аспекты реформирования АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Горки, 11–12 нояб. 2004 г. : в 2 ч. / БГСХА. – Горки, 2005. – Ч. 2. – С. 43–45.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

I. P. Kozlovskaya

**EVALUATING SOIL THERMAL INSULATION METHODS
AND THEIR EFFECT ON EARLY YIELD OF CUCUMBER
UNDER SUBSTRATELESS GROWTH CONDITIONS
IN WINTER GREENHOUSES**

SUMMARY

Justified the bubble sheet underlaying for soil thermal insulation in winter greenhouses when growing cucumber. Recommended technological method provides an increase in cucumber yield in February and March when compared to conventional method (underlaying with a plastic sheet).

Key words: winter greenhouses; substrateless technology; cucumber; plastic sheet; bubble sheet; yield increase.

Т. В. Никонович, кандидат биологических наук, доцент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ПИГМЕНТОВ В ХЛОРО- И ХРОМОПЛАСТАХ ПЛОДОВ ТОМАТА

РЕЗЮМЕ

Выявлены генотипические различия ответной реакции опытных растений томата на последствие светодиодного освещения разного спектрального состава. Экспериментально доказано, что последствие применения светодиодов оказало в основном ингибирующее влияние на биосинтез хлорофиллов и каротиноидов в плодах томата сорта Зорка. У сорта Черри Коралл обеднение плодов данными соединениями на 39 и 34 % наблюдалось лишь в 20-м варианте опыта, тогда как в остальных вариантах, напротив, было показано увеличение их содержания соответственно на 6–40 % и 13–22 %. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по договору № Б21-069.

Ключевые слова: томат; сорт; спектральный состав света; хлорофиллы; каротиноиды.

ВВЕДЕНИЕ

Получение качественной рассады овощных культур осуществляется, как правило, в контролируемых условиях, где с учетом биологических особенностей растений создаются сочетания наиболее благоприятных факторов, обуславливающих их развитие. Это особенно важно на начальных этапах онтогенеза, поскольку именно в этот период для растений характерны интенсивный обмен веществ, быстрый рост вегетативных органов, а также закладывается основа продуктивности и качества получаемой продукции. Свет является одним из значимых факторов, влияющих на эффективное формирование растений [1]. В настоящее время все большую популярность приобретают светодиодные световые источники, применение которых обеспечивает необходимый цветовой спектр для выращивания многих видов сельскохозяйственных культур. LED-светильники стали лучшей альтернативой естественному освещению, так как выгодно отличаются малым энергопотреблением, высокой светоотдачей и длительным сроком эксплуатации. Светодиодные технологии позволяют получать свет с практически любым спектральным составом и учетом потребностей конкретной культуры, а также управлять параметрами излучения в зависимости от фазы развития растения [2, 3].

Светодиоды могут излучать свет любой длины волны, в том числе физиологически активной радиации, необходимой для функционирования растительного организма. При этом узкий диапазон длин волн светодиодов позволяет конструировать источники освещения с любым соотношением разных областей спектра [4]. Существует мнение, что для выращивания овощных культур целесообразно использовать светодиодные светильники, в которых преобладают красный, оранжевый и синий цвета. Такая цветовая гамма активизирует фотосинтез, дает достаточно энергии для быстрого прорастания и эффективного развития. Однако следует учитывать, что растения используют свет в двух направлениях: фотосинтез и фотоморфогенез. Для фотосинтеза необходимо много света, намного более низкие уровни важны для управления формой и развитием. Свет, который растения используют для фотосинтеза, находится между 400 и 700 нм. Диапазон волн для фотоморфогенеза несколько шире – от 300 нм (ультрафиолетовый свет) до 800 нм (дальний красный). Таким образом, оставив лишь отдельные части спектра, происходит нарушение процессов роста и формообразования. Следовательно, учитывая потребности растения, для его развития необходимо применять полный цветовой спектр [5].

К настоящему времени накоплен достаточно большой опыт, указывающий на высокую эффективность использования излучателей на основе светодиодов для возделывания овощных культур в регулируемых условиях [6, 7], а также свидетельствующий о влиянии спектрального состава света на синтез вторичных метаболитов и продуктивность растений [8]. Кроме того, интерес представляет не только влияние светодиодного освещения на формирование растений на начальных этапах онтогенеза, но и последствие разного спектрального состава светодиодного света на качественное состояние плодов при дальнейшем выращивании растений в поликарбонатных теплицах.

Целью исследований являлось установление степени влияния последствия светодиодного освещения разного спектрального состава на содержание фотосинтезирующих пигментов в плодах двух сортов томата при выращивании их в условиях грунтовой теплицы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научная работа выполнялась в биотехнологической лаборатории и в теплицах кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. В качестве объектов исследований использовались растения томата белорусской селекции: сорт Зорка – раннеспелый детерминантный для открытого грунта, Черри Коралл – индетерминантный сорт вишневидного томата для защищенного грунта. Рассада томата была получена в культуральной комнате при температуре 22 ± 2 °C, влажности воздуха 70–80 %, фотопериоде 16 ч. Всего было 11 вариантов освещения. В качестве источников света использовали светодиодные светильники серии «Светодар» производства ГНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси». В этих светильниках отношение ППФ (плотность потока фотонов

в диапазоне 400–700 нм) оранжево-красной полосы (607–694 нм) к ППФ синей полосы (400–495 нм) варьировалось от 1 до 20. При этом доля ППФ в диапазоне 580–607 нм (желтый) составляла от 13 до 22 %, а доля фотонов в диапазоне 495–580 нм (зеленый) была от 18 до 38 %. По морфометрическим признакам растений томата были определены пять лучших вариантов освещения, которые обозначены порядковыми номерами, присвоенными им согласно общей нумерации, используемой в лаборатории, а именно 16, 17, 19, 20, 21. Контрольным источником света были люминесцентные лампы марки *OSRAM* 36W/765 *Cool Daylight* с плотностью потока фотонов $38,2 \pm 13,4$ мкмоль/м²·с (вариант 22). Характеристика вариантов освещения представлена в таблице 1. Растения, полученные при указанных вариантах светодиодного освещения, высаживались на постоянное место в грунтовые теплицы в 2-кратной повторности по пять растений на делянке. При культивировании применялись общепринятые приемы для выращивания томата: прополка, подкормка, полив, подвязывание, пасынкование, обработка против болезней и вредителей.

В свежих усредненных пробах плодов опытных растений повариантно определяли содержание хлорофиллов *a* и *b* по методу Т. Н. Годнева [9, 10], β -каротина и каротиноидов – по ГОСТ 8756.22-80 [11]. Все измерения и определения осуществляли в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований [12], с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особый научный и практический интерес представляет исследование последствий светодиодного освещения на содержание хлорофиллов и каротиноидов в плодах двух сортов томата, выращенных в теплице при естественном освещении. В первую очередь это касалось накопления в плодах наиболее ценных его компонентов с высокой антиоксидантной активностью – хлорофиллов и каротиноидов, в том числе хлорофиллов *a* и *b*, восстановленных углеводов β -каротинов и их окисленных производных – ксантофиллов. Общеизвестно, что биосинтез данных соединений физиологически строго контролируется при адаптации растений к стрессовым условиям [14], к которым следует отнести условия освещения на вегетативной стадии развития опытных объектов.

Таблица 1 – Характеристика вариантов освещения

Вариант освещения	Обозначение светильника	Поток фотонов в диапазоне длин волн 400–800 нм, мкмоль/с	Спектральное соотношение R/B (красный/синий)
16	ДНБ01-4x9-001-05 У4.1	69,3	6,9
17	ДНБ01-4x9-001-03 У4.1	69,1	4,0
19	ДНБ01-4x9-001-09 У4.1	73,9	0,8
20	ДНБ01-4x9-001-07 У4.1	69,3	13,2
21	ДНБ01-4x9-001-08 У4.1	67,9	20,7

Учитывая высокую светозависимость биосинтеза фотосинтезирующих пигментов, следовало предположить пролонгирование влияния данного фактора и на генеративной стадии развития растений томата в условиях теплицы, что подтвердило повариантное сравнение параметров накопления данных соединений в зрелых плодах сортов Зорка и Черри Коралл (табл. 2). Репродуктивные органы сорта Зорка были заметно богаче изучаемыми видами пластидных пигментов, чем таковые сорта Черри Коралл. Естественно, что плоды обоих сортов томата характеризовались незначительным содержанием хлорофиллов, суммарное количество которых у сорта Зорка варьировалось в рамках эксперимента в диапазоне 30,4–167,1 мг/100 г сухой массы, в том числе хлорофилла *a* – 9,6–52,3 мг/100 г, хлорофилла *b* – 20,8–114,8 мг/100 г, тогда как аналогичные диапазоны варьирования данных показателей в плодах сорта Черри Коралл составляли соответственно 36,8–84,7 мг/100 г, 10,9–29,1 и 25,8–55,6 мг/100 г. При этом в обоих случаях содержание в них хлорофилла *a* вдвое уступало содержанию хлорофилла *b*.

Суммарное содержание каротиноидов в сухой массе плодов сорта Зорка изменялось в рамках эксперимента от 102,7 до 169,7 мг/100 г, в том числе β -каротина – от 47,7 до 78,3, ксантофиллов – от 37,5 до 91,4 мг/100 г, тогда как аналогичные диапазоны варьирования данных показателей в плодах сорта Черри Коралл, значительно уступавшего в накоплении желтых пигментов, охватывали области более низких значений – 44,7–82,5 мг/100 г, 33,5–68,4 и 7,3–16,5 мг/100 г соответственно. При этом соотношение количества хлорофиллов и каротиноидов в плодах сорта Зорка изменялось в рамках эксперимента в диапазоне более низких, чем у сорта Черри Коралл, значений, составлявших 0,30–0,99 против 0,76–1,10, что в первом случае указывало на большую степень деструкции хлорофиллов и усиление позиций каротиноидов в составе комплекса фотосинтезирующих пигментов. Что касается соотношения количества β -каротина и ксантофиллов, то диапазон варьирования у сорта Черри Коралл был в 2,2–12,2 раза выше, чем у сорта Зорка – 3,01–8,30 и 0,68–1,74 соответственно, что свидетельствовало о заметном увеличении в первом случае долевого участия β -каротина в составе каротиноидного комплекса. Наименьшие сортовые различия установлены при последствии 20-го варианта опыта, тогда как наибольшие – при последствии 16-го варианта.

Значительная ширина приведенных диапазонов варьирования в рамках эксперимента содержания хлорофиллов и каротиноидов в плодах обоих сортов томата свидетельствовала о существенном влиянии на их накопление последствия спектрального состава источников светодиодного освещения. Вместе с тем в характере этого влияния отчетливо прослеживались как межвариантные, так и сортовые различия (табл. 3). Так, в плодах сорта Зорка во всех вариантах опыта наблюдалось существенное снижение относительно контроля суммарного содержания и зеленых, и желтых пластидных пигментов соответственно на 43–82 % и 29–40 % при наименьших различиях в первом случае при 17-м варианте и наибольших – в 19-м. При этом наибольшее отставание от контроля содержания каротиноидов в плодах данного сорта,

Таблица 2 – Содержание хлорофиллов и каротиноидов в плодах сортов томата в вариантах опыта с последствием светодневного освещения разного спектрального состава, мг/100 г сухой массы

Вариант опыта	Хлорофиллы			Каротиноиды			Хлорофиллы/каротиноиды
	a	b	$a + b$	a/b	Сумма	β -каротин/ксантофиллы	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$
Сорт Зорка							
Контроль 22	$52,3 \pm 0,2$	$114,8 \pm 0,3$	$167,1 \pm 0,5$	$0,5 \pm 0$	$169,7 \pm 3,7$	$78,3 \pm 0,4$	$0,86 \pm 0,03$
21	$25,1 \pm 0,5^*$	$53,2 \pm 2,0^*$	$78,3 \pm 2,4^*$	$0,5 \pm 0$	$120,9 \pm 2,4^*$	$65,2 \pm 0,4^*$	$1,17 \pm 0,04^*$
20	$18,0 \pm 0,4^*$	$39,6 \pm 2,1^*$	$57,6 \pm 2,5^*$	$0,5 \pm 0$	$108,2 \pm 5,7^*$	$61,6 \pm 0,9^*$	$1,35 \pm 0,12^*$
19	$9,6 \pm 1,0^*$	$20,8 \pm 0,4^*$	$30,4 \pm 1,4^*$	$0,5 \pm 0$	$102,8 \pm 0,1^*$	$65,3 \pm 0,1^*$	$1,74 \pm 0,01^*$
17	$32,0 \pm 1,1^*$	$63,4 \pm 3,1^*$	$95,4 \pm 4,2^*$	$0,5 \pm 0$	$102,7 \pm 3,8^*$	$51,2 \pm 0,2^*$	$1,01 \pm 0,06^*$
16	$29,2 \pm 0,8^*$	$61,6 \pm 1,0^*$	$90,8 \pm 1,8^*$	$0,5 \pm 0$	$117,5 \pm 1,0^*$	$47,7 \pm 0,4^*$	$0,68 \pm 0,01^*$
Сорт Черри Коралл							
Контроль 22	$20,5 \pm 0,1$	$40,1 \pm 0,6$	$60,6 \pm 0,7$	$0,5 \pm 0$	$67,8 \pm 1,1$	$51,3 \pm 0,2$	$3,15 \pm 0,27$
21	$21,9 \pm 1,8$	$40,9 \pm 2,5$	$62,8 \pm 4,3$	$0,5 \pm 0$	$82,2 \pm 0,5^*$	$67,7 \pm 0,4^*$	$4,72 \pm 0,32^*$
20	$10,9 \pm 0,3^*$	$25,8 \pm 0,2^*$	$36,8 \pm 0,1^*$	$0,4 \pm 0^*$	$44,7 \pm 0,1^*$	$33,5 \pm 0,5^*$	$3,01 \pm 0,16$
19	$21,4 \pm 0,7$	$43,1 \pm 0,6^*$	$64,5 \pm 1,3^*$	$0,5 \pm 0$	$61,7 \pm 0,7^*$	$54,4 \pm 0,1^*$	$7,56 \pm 0,73^*$
17	$22,6 \pm 1,1$	$47,5 \pm 1,5^*$	$70,1 \pm 0,3^*$	$0,5 \pm 0$	$82,5 \pm 1,1^*$	$68,4 \pm 0,6^*$	$4,86 \pm 0,15^*$
16	$29,1 \pm 1,9^*$	$55,6 \pm 4,2^*$	$84,7 \pm 6,1^*$	$0,5 \pm 0$	$76,8 \pm 1,1^*$	$68,3 \pm 0,1^*$	$8,30 \pm 1,07^*$

* Статистически значимые по t -критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

как и в листьях [15], также имело место в 19-м варианте опыта. Аналогичное по величине отставание от контроля в их накоплении отмечено также в 17-м варианте опыта, тогда как наименьшее – в 21-м варианте. В большинстве случаев темпы обеднения плодов зелеными пигментами превышали аналогичную тенденцию по желтым пигментам, что обусловило снижение соотношения их количества на 22–70 % по сравнению с контролем, наиболее значительное в 19-м варианте опыта.

У сорта Черри Коралл, в отличие от сорта Зорка, ингибирование в плодах биосинтеза и хлорофиллов, и каротиноидов относительно контроля соответственно на 39 и 34 % наблюдалось лишь в 20-м варианте опыта. Незначительное (на 9 %) снижение в его плодах содержания каротиноидов, сочетавшееся со столь же незначительной активизацией (не более чем на 6 %) накопления в них хлорофиллов, отмечено также в 19-м варианте опыта. В остальных же вариантах последствие светодиодного освещения оказывало, напротив, стимулирующее влияние на биосинтез в плодах сорта Черри Коралл и хлорофиллов, и каротиноидов, что подтверждалось достоверным увеличением их содержания по сравнению с контролем соответственно на 6–40 % и 13–22 %, наиболее значительным в первом случае в 16-м варианте опыта, во втором – в 21-м и 17-м вариантах (табл. 3).

При этом различия темпов накопления зеленых и желтых пигментов обусловили разнонаправленные тенденции в изменении соотношения их количества – снижение на 5–15 % в 17-м, 20-м и 21-м вариантах и увеличение на 18 и 24 % в 19-м и 16-м вариантах опыта. Вместе с тем, несмотря на сортовые различия в изменении биосинтеза зеленых и желтых пластидных пигментов в плодах томата на фоне последствия светодиодного освещения, не выявлено значимого влияния данного фактора на соотношение в них содержания хлорофиллов *a* и *b*. Лишь в единичном случае в плодах сорта Черри Коралл в 20-м варианте опыта более выраженная деградация первого из них обусловила достоверное снижение данного соотношения на 20 %. Однако в каротиноидном комплексе плодов на фоне выраженных сортовых различий в изменении содержания восстановленных и окисленных углеводов относительно контроля у обоих сортов в большинстве вариантов опыта были выявлены однотипные тенденции, состоявшие в более высоких темпах ослабления биосинтеза ксантофиллов, нежели β -каротина. Наибольшими значениями данного показателя у обоих сортов томата характеризовался 19-й вариант опыта, а у последнего также 16-й вариант. При этом лишь в единичных случаях (в 16-м варианте у сорта Зорка и в 20-м – у сорта Черри Коралл) подобной закономерности выявлено не было.

Проявление ответной реакции репродуктивных органов опытных сортов томата на последствие светодиодного освещения разного спектрального состава в накоплении хлорофиллов и каротиноидов представляет особый научный интерес. Поскольку специфика приспособительной реакции растений к стрессовым факторам не является наследственно обусловленным признаком, закрепляющимся в их геноме, и по мере устранения данных факторов обменные процессы обычно нормализуются, то в наших исследованиях

Таблица 3 – Относительные различия с контролем вариантов опыта с последствием светодиодного освещения разного спектрального состава по содержанию хлорофиллов и каротиноидов в сухом веществе плодов томата, %

Сорт	Вариант опыта	Хлорофиллы				Каротиноиды				Хлорофиллы/ каротиноиды	Совокупный эффект*
		a	b	a + b	a/b	Сумма	β -каротин	Ксантофиллы	β -каротин/ ксантофиллы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зорка	21	-52,0	-53,7	-53,1	–	-28,8	-16,7	-39,1	+36,0	-34,3	-243,4
	20	-65,6	-65,5	-65,5	–	-36,2	-21,3	-49,0	+57,0	-46,5	-303,1
	19	-81,6	-81,9	-81,8	–	-39,4	-16,6	-59,0	+102,3	-69,7	-360,3
	17	-38,8	-44,8	-42,9	–	-39,5	-34,6	-43,7	+17,4	–	-244,3
	16	-44,2	-46,3	-45,7	–	-30,8	-39,1	-23,6	-20,9	-22,2	-229,7
Черри Коралл	21	–	–	–	–	+21,2	+32,0	-12,1	+49,8	-14,6	+41,1
	20	-46,8	-35,7	-39,3	-20,0	-34,1	-34,7	-32,1	–	-7,9	-222,7
	19	–	+7,5	+6,4	–	-9,0	+6,0	-55,8	+140,0	+18,0	-44,9
	17	–	+18,5	+15,7	–	+21,7	+33,3	-14,5	+54,3	-4,5	+74,7
	16	+42,0	+38,7	+39,8	–	+13,3	+33,1	-48,5	+163,5	+23,6	+118,4

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

* Установлен путем сложения данных столбцов 3, 4, 5, 7, 8 и 9 с учетом их знака.

обнаруженное сохранение в плодах растений, перенесенных в открытый грунт и обычные условия освещения, характера ответа их на прямое действие светодиодов, установленного еще на вегетативной стадии развития [15, 16], позволяет высказать предположение о присутствии у растений механизмов запоминания.

Для понимания установленных закономерностей в изменении состава каротиноидного комплекса пластид листьев томата следует учитывать, что каротины и их окисленные производные ксантофиллы являются структурными компонентами двух фотосистем (ФС) фотосинтеза – I и II. Они входят в состав и стабилизируют хлорофилл-белковые комплексы ФС, повышая их светособирающую способность, и играют важную роль в защите хлоропластов от фотоповреждений. Локализация каротиноидов в пигмент-белковых комплексах ФС очень консервативна: коровый комплекс (*core-complex*) включает каротины, тогда как периферический светособирающий комплекс (*light-harvesting complex*) содержит ксантофиллы. Каротиноиды защищают хлоропласт от фотодеструкции путем диссипации поглощенной энергии света и прямой дезактивации триплетного хлорофилла или активных форм кислорода, образующихся в процессе фотосинтеза [17, 18].

Исходя из этих представлений, выявленные в ассимилирующих органах растений томата при прямом действии светодиодов изменения общего количества каротиноидов и снижение содержания ксантофиллов на фоне увеличения либо менее значительного, чем у них, снижения количества β -каротина, приводящего к усилению позиций последнего в составе каротиноидного комплекса пластид, на наш взгляд, могли свидетельствовать об адаптивных изменениях в структуре пигмент-белковых комплексов фотосинтетических мембран в пользу реакционных центров ФС фотосинтеза. Аналогичное усиление позиций восстановленных форм каротиноидов в хлоропластах и хромопластах плодов обоих сортов томата, как способа защиты от стрессового фактора, но уже в условиях обычного освещения, подтверждаемое в большинстве вариантов опыта увеличением их соотношения с ксантофиллами по сравнению с контролем, свидетельствует о своеобразном закреплении этого эффекта, ранее выявленного в ассимилирующих органах при прямом светодиодном освещении, что указывает на проявление его последствий уже в обычных условиях. Тем не менее раскрытие механизма этого явления требует проведения дополнительных исследований.

Таким образом, применение светодиодов разного спектрального состава на начальных этапах онтогенеза оказало ингибирующее влияние на биосинтез зеленых и желтых пластидных пигментов не только в ассимилирующих органах [15, 16], но и в плодах исследуемых сортов томата на фоне усиления в каротиноидном комплексе позиций β -каротина, при культивировании растений в условиях естественного освещения, с наибольшей выраженностью у сорта Зорка, что обусловлено последствием светодиодного эффекта.

С целью выявления варианта опыта с максимальной и минимальной степенью влияния изучаемого фактора на плоды томата были определены суммарные показатели относительных размеров положительных и отрицательных отклонений от контроля общего количества хлорофиллов и каротиноидов,

а также содержания основных форм этих пигментов, что позволило установить совокупный отрицательный, а в отдельных случаях и положительный эффект от последствия светодиодов, примененных на вегетативной стадии развития растений [19]. Как следует из данных, представленных в таблице 3, у сорта Зорка обозначенный фактор оказал существенное ингибирующее влияние на основные характеристики пигментного фонда хлоро- и хромопластов плодов, подтверждаемое отставанием от контроля совокупности их значений на 230–360 %. При этом наименьшее, причем сходное по величине ингибирующее последствие светодиодного освещения на биосинтез пигментов в плодах данного сорта установлено в 21-м, 17-м и 16-м вариантах опыта, тогда как наибольшее наблюдалось в 20-м и особенно в 19-м вариантах. Абсолютно идентичная картина выявлена нами и в ассимилирующих органах сорта Зорка на вегетативной стадии развития растений при прямом действии светодиодов [15].

У сорта Черри Коралл негативное влияние последствия светодиодного освещения на пигментный фонд его репродуктивных органов, как и ассимилирующих, оказалось менее значительным, чем у сорта Зорка, что свидетельствовало о меньшей его восприимчивости к данному фактору. На это указывало отставание от контроля совокупности исследуемых показателей только в двух вариантах опыта – в 19-м и особенно в 20-м, отмеченных у сорта Зорка наибольшим ее снижением. Однако у сорта Черри Коралл степень этого снижения существенно уступала таковой у сорта Зорка – в 1,4 раза в 20-м варианте и в 8 раз – в 19-м. В остальных же вариантах опыта последствие светодиодного освещения на состояние пигментного фонда плодов сорта Черри Коралл имело позитивный характер, что подтверждалось увеличением совокупности его количественных характеристик на 41–118 % по сравнению с контролем, наиболее значительным в 16-м варианте опыта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Последствие применения светодиодов оказало в основном ингибирующее действие на биосинтез хлорофиллов и каротиноидов в плодах томата сорта Зорка, проявившееся в существенном снижении их содержания по сравнению с контролем на 43–82 % и 29–40 %, наиболее выраженном в 19-м варианте опыта. У сорта Черри Коралл обеднение плодов данными соединениями на 39 и 34 % наблюдалось лишь в 20-м варианте опыта, тогда как в остальных вариантах, напротив, было показано увеличение их содержания соответственно на 6–40 % и 13–22 %, наиболее значительное для зеленых пигментов в 16-м варианте опыта, для желтых – в 21-м и 17-м вариантах.

В каротиноидном комплексе плодов на фоне выраженных сортовых различий в изменении содержания восстановленных и окисленных углеводов у обоих сортов томата в большинстве вариантов опыта выявлены однотипные тенденции, состоявшие в более высоких темпах ослабления биосинтеза ксантофиллов, нежели β -каротина, и совпадавшие с таковыми в ассимилирующих органах при прямом действии светодиодов даже по степени

увеличения соотношения их количества – на 17–102 % у сорта Зорка и на 50–164 % у сорта Черри Коралл при наибольших значениях у обоих сортов в 19-м варианте опыта.

Установлено существенное ингибирующее влияние последействия светодиодного освещения на совокупность шести основных характеристик пигментного фонда хлоро- и хромопластов плодов сорта Зорка, подтверждаемое отставанием данного показателя от контроля на 230–360 %, наименьшим в 21-м, 17-м и особенно в 16-м вариантах опыта и наибольшим в 20-м и 19-м вариантах. Для сорта Черри Коралл отставание от контроля совокупности исследуемых показателей было установлено только в 19-м и 20-м вариантах опыта при меньшей, чем у сорта Зорка, степени этого снижения (в 8,0 и 1,4 раза соответственно) на фоне увеличения данного показателя на 41,0–118,0 % в остальных вариантах опыта, наиболее значительного в 16-м варианте.

Список использованных источников

1. The Contribution of Photosynthesis to the Red Light Response of Stomatal Conductance / I. Baroli [et al.] // *Plant Physiol.* – 2008. – Vol. 146. – P. 737–747.
2. Massa, G. D. Plant productivity in response to LED lighting / G. D. Massa, R. M. Wheeler, C. A. Mitchell // *Hort Science.* – 2008. – № 43. – P. 1951–1956.
3. Куделина, Т. LED освещение – эффективный инструмент регуляции морфогенеза растений / Т. Куделина, О. Молчан // *Наука и инновации.* – 2022. – № 5 (231). – С. 67–72.
4. Применение светодиодных светильников для освещения теплиц: реальность и перспектива / И. Бахарев [и др.] // *Современные технологии автоматизации.* – 2010. – № 2. – С. 76–82.
5. Оценка качества растений томата при последствии светодиодного освещения разного спектрального состава / Т. В. Никонович [и др.] // *Селекция и генетика: инновации и перспективы : сб. ст. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию юбилею д-ра с.-х. наук, проф. В. И. Бушуевой.* – Горки : БГСХА, 2022. – С. 378–382.
6. Особенности роста и фотосинтеза растений китайской капусты при выращивании под светодиодными светильниками / О. В. Аверчева [и др.] // *Физиол. раст.* – 2009. – Т. 56, вып. 1. – С. 17–26.
7. Тихомиров, А. А. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы / А. А. Тихомиров, Т. М. Лисовский – Новосибирск : Изд-во Сиб. Отд. РАН, 2000. – 213 с.
8. Количественная оценка накопления стевиозида в различных вегетативных органах стевии в условиях искусственного освещения / А. А. Тихомиров [и др.] // *Вестн. КрасГУ.* – 2004. – № 7. – С. 150–156.
9. Годнев, Т. Н. Хлорофилл: его строение и образование в растении / Т. Н. Годнев. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. – 318 с.
10. Фотосинтез. Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов / авт.-сост. Л. В. Кахнович. – Минск : Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2003. – 88 с.

11. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина : ГОСТ 8756.22-80. – Введ. 01.01.81 (дата последнего изменения 13.07.2017). – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 6 с.
12. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 320 с.
13. Боровиков, В. П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с.
14. Hirschberg, J. Carotenoid biosynthesis in flowering plants / J. Hirschberg // Current Opinion in Plant Biology. – 2001. – Vol. 4, № 3. – P. 210–218. [https://doi.org/10.1016/s1369-5266\(00\)00163-1](https://doi.org/10.1016/s1369-5266(00)00163-1).
15. Никонович, Т. В. Влияние светодиодного освещения на содержание фотосинтезирующих пигментов в листьях томата. / Т. В. Никонович, Ю. В. Трофимов, М. И. Баркун // Овощи России. – 2021. – № 1. – С. 117–120.
16. Никонович, Т. В. Влияние светодиодного освещения разного спектрального состава на биохимические характеристики растений томата / Т. В. Никонович, Ю. В. Трофимов // Вестн. аграр. науки Узбекистана. – 2022. – № 3 (3). – С. 142–145.
17. Havaux, M. Zeaxanthin has enhanced antioxidant capacity with respect to all other xanthophylls in arabidopsis leaves and functions independent of binding to PSII antennae / M. Havaux, L. Dall'Osto, R. Bassi // Plant Physiology. – 2007. – Vol. 145, № 4. – P. 1506–1520.
18. Reactive oxygen species and transcript analysis upon excess light treatment in wild-type Arabidopsis thaliana vs a photosensitive mutant lacking zeaxanthin and lutein / A. Alboresi [et al.] // BMC Plant Biology. – 2011. – Vol. 11, № 1. – P. 62.
19. Способ ранжирования таксонов растений : пат. ВУ 17648 / Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, А. П. Яковлев. – Оpubл. 30.10.13.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

T. V. Nikonovich

THE EFFECT OF LED LIGHTING AFTEREFFECT ON THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN CHLORO- AND CHROMOPLASTS OF TOMATO FRUITS

SUMMARY

Genotypic differences in the response of experimental tomato plants to the aftereffect of LED lighting of different spectral composition were revealed. It has been experimentally proven that the aftereffect of LEDs had mainly an inhibitory effect on the biosynthesis of chlorophylls and carotenoids in the fruits of the Zorka tomato variety. The Cherry Coral variety showed depletion of these compounds by 39 and 34 % only in the 20th variant of the experiment, while the other variants, on the contrary, showed an increase in their content by 6–40 % and 13–22 %, respectively. This work was supported by the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research under contract № Б21-069.

Key words: tomato; variety; spectral composition of light; chlorophylls; carotenoids.

В. В. Опимах¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий сектором столовых корнеплодов

А. С. Григаленок¹, младший научный сотрудник

Э. П. Урбан², член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
первый заместитель генерального директора по научной работе

С. Г. Азизбекян³, старший научный сотрудник

Ж. А. Рупасова⁴, член-корреспондент НАН Беларуси,
доктор биологических наук, профессор,
заведующий лабораторией химии растений

Н. Б. Криницкая⁴, научный сотрудник

В. С. Задаля⁴, научный сотрудник

Д. О. Сулим⁴, младший научный сотрудник

К. А. Добрянская⁴, младший научный сотрудник

¹ РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

² РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Минская область

³ ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,
г. Минск

⁴ ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

ВЛИЯНИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТИМУЛЯТОРА НАНОПЛАНТ ПРИ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН МОРКОВИ СТОЛОВОЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты сравнительного исследования влияния пленкообразующих компонентов – Гисинара, ПВА, ВР-1 и НаКМЦ при инкрустации семян в сочетании с обработкой микроэлементным стимулятором Наноплант-8 в дозах 1, 3 и 5 мл/кг на содержание в корнеплодах моркови столовой каротиноидов, сухих веществ, свободных органических кислот, растворимых сахаров и показатель сахарокислотного индекса, выполненного в рамках полевого эксперимента с 13-вариантной схемой. Наиболее выраженное положительное влияние на качество продукции по совокупности биохимических характеристик оказало применение Нанопланта в дозе 5 мл/кг на фоне обработок семян Гисинаром и в большей степени НаКМЦ, тогда как наименьшее – использование минимальной дозы стимулятора, особенно на фоне обработок НаКМЦ.

Ключевые слова: морковь столовая; корнеплоды; семена; пленкообразующие компоненты; микроэлементный стимулятор Наноплант; сухие вещества;

аскорбиновая и свободные органические кислоты; растворимые сахара; сахарокислотный индекс.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших аспектов совершенствования технологии выращивания корнеплодов моркови столовой является использование для инкрустации семян пленкообразующих компонентов, среди которых наиболее перспективными являются следующие виды клеящих веществ: ВР-1 (ВРП-3 полимер синтетический водорастворимый ТУ РБ 00280198.024-99); NaКМЦ (карбоксиметилцеллюлоза, марка 75 Б, ТУ 2231-034-79249837-206 с изм. 1-17); Гисинар (Гисинар-М, водная суспензия 150–200 г/л (сополимер натриевой соли акриловой кислоты и акриламида), ТУ ВУ 100050710.103-2007), а также ПВА (поливинилацетатный клей). При этом для оптимизации питательного режима прорастающих семян представлялось целесообразным проведение их обработки жидким концентрированным микроэлементным стимулирующим препаратом Наноплант-8, в состав которого входят 8 микроэлементов, в том числе с содержанием в г/л: Zn – не менее 0,25, Co, Mn – не менее 0,36, Cu, Cr, Mo, Se – не менее 0,45, Fe – не менее 0,60.

Вместе с тем использование при инкрустации семян моркови перечисленных выше химических соединений могло оказать определенное влияние на биохимический состав корнеплодов. С целью установления степени данного влияния были проведены настоящие исследования, позволившие научно обосновать эффективность того или иного агроприема в плане улучшения качества производимой продукции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования влияния совместного использования пленкообразующих компонентов и микроэлементного стимулятора Наноплант при инкрустации семян моркови столовой на ряд биохимических характеристик корнеплодов на примере сорта Лявониха выполнены в рамках полевого эксперимента с 13-вариантной схемой обработок: 9 – Контроль – вариант без обработки; 7 – Гисинар + Наноплант (1 мл/кг); 8 – ПВА + Наноплант (1 мл/кг); 10 – ВР-1 + Наноплант (1 мл/кг); 11 – NaКМЦ + Наноплант (1 мл/кг); 13 – Гисинар + Наноплант (3 мл/кг); 14 – ПВА + Наноплант (3 мл/кг); 15 – ВР-1 + Наноплант (3 мл/кг); 16 – NaКМЦ + Наноплант (3 мл/кг); 19 – Гисинар + Наноплант (5 мл/кг); 20 – ПВА + Наноплант (5 мл/кг); 21 – ВР-1 + Наноплант (5 мл/кг); 22 – NaКМЦ + Наноплант (5 мл/кг).

Перед закладкой полевого опыта был проведен анализ посевных качеств семян моркови в соответствии с ГОСТ 12038-84, выявивший показатель всхожести 94 % при энергии прорастания 86 %. Подготовку семян для проведения инкрустации осуществляли на шлифовальной машине с последующей доочисткой и калибровкой. При этом для всех вариантов опыта, за исключением контроля, была предусмотрена предварительная обработка семян протравителем Престиж. Испытываемые пленкообразующие компоненты применялись из расчета 100 мл/кг семян.

Биохимические исследования выполнены в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. При определении спектра характеристик биохимического состава корнеплодов моркови приоритетное внимание было уделено параметрам накопления наиболее ценных в физиологическом плане соединений – каротиноидов, органических кислот и углеводов. Наш интерес к изучению влияния испытываемых агроприемов на биосинтез: каротиноидов, являющихся предшественниками провитамина А, обусловлен их способностью связывать свободные радикалы, выступая в роли наиболее сильных природных антиоксидантов, свободных органических кислот – их способностью обеспечивать поддержание кислотно-щелочного баланса в организме человека, аскорбиновой кислоты (витамина С) – ее важным значением в обеспечении нормальной проницаемости капилляров, сохранении целостности опорных тканей (фиброзной, хрящевой и костной), а необходимость оценки углеводного состава корнеплодов связана с тем, что растворимые сахара являются выгодным и удобным источником трофических и энергетических ресурсов для функционирования организма.

В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание сухих веществ по ГОСТ 31640-2012 [3], аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [4], титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [4], каротиноидов – спектрофотометрическим методом [1]. В высушенных при температуре 60 °С пробах определяли содержание растворимых сахаров ускоренным полумикрометодом [1]. Все измерения и определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [2, 5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительное исследование основных биохимических характеристик корнеплодов моркови столовой, приведенных в таблице 1, выявило весьма широкие диапазоны их варьирования в рамках полевого эксперимента, составившие для содержания сухих веществ 12,0–15,7 %, каротиноидов – 215,6–550,4 мг/100 г, свободных органических (титруемых) кислот – 1,24–2,43 %, растворимых сахаров – 23,3–40,3 % и показателя сахарокислотного индекса, характеризующего сладость данной продукции и определяемого по соотношению количеств растворимых сахаров и титруемых кислот – 13,3–29,9.

Широкие диапазоны варьирования обозначенных признаков свидетельствовали об их существенной зависимости от испытываемых агроприемов, влияние которых оказалось весьма неоднозначным. Как следует из таблицы 2, инкрустация семян моркови пленкообразующим компонентом ПВА в сочетании с Наноплантом в дозах 1 и 3 мл/кг, как и при использовании во втором случае ВР-1, не оказала достоверного влияния на содержание в корнеплодах сухих веществ, тогда как на фоне совместного применения Гисинара и Нанопланта в дозах 3 и 5 мл/кг, а также NaКМЦ и Нанопланта в дозах 1 и 5 мл/кг

Таблица 1 – Биохимические характеристики корнеплодов моркови столовой в вариантах полевого опыта с использованием пленкообразующих компонентов и микроэлементного стимулятора Наноплант при инкрустации семян (в расчете на сухое вещество)

Вариант опыта	Сухие вещества, %		Свободные органические кислоты, %		Растворимые сахара, %		Сахаро-кислотный индекс	Каротиноиды, мг/100 г		
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	<i>t</i>
9 – Контроль	14,5 ± 0,4	–	1,83 ± 0,01	–	32,0 ± 0,1	–	17,5 ± 0,1	–	444,1 ± 4,4	–
7 – Гисинар + Наноплант 1 мл/кг	15,7 ± 0,2	3,0*	1,99 ± 0,04	4,3*	37,0 ± 1,0	5,0*	18,6 ± 0,4	3,0*	243,3 ± 0,4	–45,6*
8 – ПВА + Наноплант 1 мл/кг	14,3 ± 1,2	–0,1	2,43 ± 0,06	10,6*	35,3 ± 0,7	5,0*	14,6 ± 0,2	–13,4*	219,3 ± 0,8	–50,5*
10 – ВР-1 + Наноплант 1 мл/кг	13,1 ± 0,2	–3,1*	1,43 ± 0,04	–9,9*	34,7 ± 0,7	4,0*	24,3 ± 1,0	7,0*	231,9 ± 0,1	–48,5*
11 – NaКМЦ + Наноплант 1 мл/кг	12,1 ± 0,1	–6,1*	1,75 ± 0,01	–10,7*	23,3 ± 0,7	–13,0*	13,3 ± 0,4	–10,1*	273,0 ± 0,1	–39,1*
13 – Гисинар + Наноплант 3 мл/кг	12,9 ± 0,4	–3,0*	1,91 ± 0,01	7,8*	36,0 ± 0,6	6,9*	18,9 ± 0,3	4,5*	361,0 ± 0,3	–18,9*
14 – ПВА + Наноплант 3 мл/кг	14,0 ± 0,1	–1,3	1,48 ± 0,04	–8,7*	40,3 ± 0,7	12,5*	27,3 ± 1,2	8,5*	215,6 ± 0,4	–52,0*
15 – ВР-1 + Наноплант 3 мл/кг	14,3 ± 0,3	–0,4	2,39 ± 0,04	13,7*	34,7 ± 0,7	4,0*	14,5 ± 0,1	–40,4*	236,8 ± 1,5	–44,8*
16 – NaКМЦ + Наноплант 3 мл/кг	15,7 ± 0,2	3,0*	1,24 ± 0,04	–15,8*	37,0 ± 1,0	5,0*	29,9 ± 1,7	7,1*	317,2 ± 3,2	–23,4*
19 – Гисинар + Наноплант 5 мл/кг	12,3 ± 0,2	–5,0*	1,63 ± 0,01	–30,5*	38,0 ± 1,0	6,0*	23,3 ± 0,6	9,5*	513,2 ± 0,7	15,6*
20 – ПВА + Наноплант 5 мл/кг	12,2 ± 0,3	–4,8*	2,28 ± 0,05	9,5*	35,3 ± 0,7	5,0*	15,5 ± 0,1	–29,0*	374,0 ± 0,1	–16,0*
21 – ВР-1 + Наноплант 5 мл/кг	15,2 ± 0,1	2,9*	2,24 ± 0,04	10,8*	40,3 ± 0,7	12,5*	18,0 ± 0,3	1,9	269,7 ± 0,9	–39,0*
22 – NaКМЦ + Наноплант 5 мл/кг	12,0 ± 0,3	–5,2*	2,28 ± 0,05	9,4*	39,7 ± 0,7	11,5*	17,4 ± 0,6	0,1	550,4 ± 1,7	22,7*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Таблица 2 – Относительные различия с контролем вариантов полевого опыта с использованием пленкообразующих компонентов и микроэлементного стимулятора Наноплант при инкрустации семян моркови столовой по биохимическим характеристикам корнеплодов, %

Вариант опыта	Сухие вещества	Свободные органические кислоты	Растворимые сахара	Сахарокислотный индекс	Каротиноиды	Совокупный эффект
7	+8,3	+8,7	+15,6	+6,3	–45,2	–6,3
8	–	+32,8	+10,3	–16,6	–50,6	–24,1
10	–9,7	–21,9	+8,4	+38,9	–47,8	–32,1
11	–16,6	–4,4	–27,2	–24,0	–38,5	–110,7
13	–11,0	+4,4	+12,5	+8,0	–18,7	–4,8
14	–	–19,1	+25,9	+56,0	–51,5	+11,3
15	–	+30,6	+8,4	–17,1	–46,7	–24,8
16	+8,3	–32,2	+15,6	+70,9	–28,6	+34,0
19	–15,2	–10,9	+18,8	+33,1	+15,6	+41,4
20	–15,9	+24,6	+10,3	–11,4	–15,8	–8,2
21	+4,8	+22,4	+25,9	–	–39,3	+13,8
22	–17,2	+24,6	+24,1	–	+23,9	+55,4

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

установлено снижение данного показателя относительно контроля на 11–17 %. Лишь в вариантах опыта с обработками семян Гисинаром и Наноплантом в дозе 1мл/кг, NaKMЦ и Наноплантом в дозе 3 мл/кг, а также ВПР-1 и Наноплантом в дозе 5 мл/кг наблюдалось увеличение содержания сухих веществ на 5–8 %.

Совместное использование пленкообразующих компонентов и микроэлементного стимулятора Наноплант оказало также неоднозначное влияние на темпы биосинтеза свободных органических кислот. При этом наиболее выраженный стимулирующий эффект в накоплении последних с превышением контрольного уровня на 22–25 % установлен на фоне обработок семян максимальной дозой Нанопланта в сочетании со всеми видами пленкообразующих компонентов, за исключением Гисинара. Заметим, что применение Гисинара в этом случае способствовало обеднению корнеплодов моркови титруемыми кислотами на 11 %, но при последовательном снижении концентрации Нанопланта происходило постепенное их обогащение данными соединениями на 5–9 % по сравнению с контролем.

При обработках семян пленкообразующим компонентом ПВА наиболее результативным в плане накопления в корнеплодах моркови свободных органических кислот оказалось применение лишь двух доз Нанопланта – минимальной и максимальной, обусловившее увеличение их содержания по сравнению с контролем на 33 и 25 % соответственно, тогда как использование стимулятора в дозе 3 мл/кг привело, напротив, к снижению данного показателя почти на 20 %. При обработках семян ВР-1 наиболее выраженное позитивное

влияние на накопление в корнеплодах титруемых кислот оказало применение Нанопланта лишь в дозах 3 и 5 мл/кг, на что указывало увеличение их содержания в данных вариантах опыта относительно контроля на 31 и 22 % соответственно, тогда как уменьшение дозы стимулятора до 1 мл/кг приводило к его снижению на 22 %. При обработках семян NaKMЦ активизация накопления свободных органических кислот на 25 % отмечена только при использовании максимальной дозы Нанопланта, тогда как в вариантах опыта с более низкими дозами стимулятора, особенно 3 мл/кг, имело место обеднение корнеплодов данными соединениями на 5–32 % относительно контроля.

Вместе с тем, независимо от вида пленкообразующего компонента, использование Нанопланта в большинстве вариантов опыта способствовало обогащению данной продукции растворимыми сахарами на 8–26 % по сравнению с контролем, что следует рассматривать как позитивное явление, которое должно было способствовать увеличению сладости вкуса производимой продукции. Лишь в единичном случае – на фоне совместного применения NaKMЦ и минимальной дозы Нанопланта установлено трудно поддающееся объяснению ее обеднение данными углеводами на 27 %. Тем не менее из-за неоднозначных тенденций в изменении содержания в моркови свободных органических кислот по вариантам опыта, не всегда совпадавших с таковыми в содержании растворимых сахаров, позитивное влияние испытываемых агроприемов на показатель сахарокислотного индекса проявилось далеко не во всех случаях.

Как следует из таблицы 2, наиболее значительное увеличение сладости корнеплодов по сравнению с контролем, достигавшее 56 и 71 %, установлено на фоне обработок семян Наноплантом в дозе 3 мл/кг в сочетании с ПВА и NaKMЦ. Весьма результативным в этом плане оказалось также совместное применение максимальной дозы микроэлементного стимулятора и Гисинара, обусловившее увеличение сахарокислотного индекса корнеплодов на 33 % относительно контроля. Заметим, что и обе меньшие дозы Нанопланта на фоне обработок семян Гисинаром также обеспечивали хотя и менее выраженный, но все же позитивный эффект, проявившийся в увеличении сладости вкуса моркови на 6–8 % по сравнению с контролем. В остальных же вариантах опыта наблюдалось снижение показателя сахарокислотного индекса на 11–24 % при отсутствии статистически значимых различий с последним при обработках семян пленкообразующим компонентом ВР-1 в сочетании с максимальной дозой Нанопланта.

Большинство испытываемых агроприемов оказало весьма существенное ингибирующее воздействие на биосинтез каротиноидов, что подтверждалось снижением их содержания в корнеплодах на 16–52 % относительно контроля. Наиболее выразительно данный отрицательный эффект проявился во всех вариантах опыта на фоне применения Нанопланта в дозах 1 и 3 мл/кг, обусловившего снижение этого показателя соответственно на 39–51 и 19–52 % относительно контроля, наибольшее при обработках семян ВР-1 и особенно ПВА. Лишь при использовании максимальной дозы

стимулятора при обработках семян Гисинаром и NaKMЦ наблюдалась активизация накопления желтых пигментов в корнеплодах моркови на 16 и 24 % соответственно, тогда как при использовании ПВА и особенно ВР-1 сохранялось установленное при меньших дозах Нанопланта хотя и менее выраженное, но все же достаточно заметное отставание от контроля их содержания на 16 и 39 % соответственно.

При столь разноплановой картине влияния испытываемых агроприемов на биохимические характеристики корнеплодов моркови для выявления самого эффективного агроприема, обеспечившего наиболее высокое качество продукции по спектру исследуемых показателей, был определен совокупный эффект. С этой целью во всех вариантах опыта было осуществлено суммирование относительных размеров отклонений биохимических характеристик корнеплодов от контроля с учетом их знака. Независимо от состава пленкообразующего компонента, наименее результативным в рамках полевого эксперимента оказалось применение минимальной дозы Нанопланта при наиболее низком качестве продукции на фоне обработок семян NaKMЦ. Повышение же дозы стимулятора до 3 мл/кг обусловило улучшение качественного состава корнеплодов моркови по совокупности анализируемых показателей на 11 и 34 % по сравнению с контролем только на фоне обработок семян ПВА и особенно NaKMЦ, тогда как выявленный при этом ингибирующий эффект от использования в этих целях Гисинара и ВР-1 лишь несколько уступал таковому на фоне применения минимальной дозы Нанопланта. Использование максимальной дозы микроэлементного стимулятора обеспечило наибольшее в эксперименте улучшение качества продукции на 14–55 % по сравнению с контролем почти во всех вариантах опыта, что подтверждалось наиболее высокими значениями совокупного эффекта, особенно при использовании в качестве пленкообразующих компонентов Гисинара и в большей степени NaKMЦ, и только на фоне применения ПВА было получено отрицательное значение этого результирующего показателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования влияния пленкообразующих компонентов – Гисинара, ПВА, ВР-1 и NaKMЦ при инкрустации семян в сочетании с обработкой микроэлементным стимулятором Наноплант-8 в дозах 1, 3 и 5 мл/кг на биохимический состав продукции корнеплодов моркови столовой (сорт Лявониха), выполненного в рамках полевого эксперимента с 13-вариантной схемой обработок, установлено, что совместное использование пленкообразующих компонентов и Нанопланта оказало неоднозначное влияние на темпы биосинтеза в корнеплодах моркови каротиноидов, сухих веществ, свободных органических кислот, растворимых сахаров и показатель сахарокислотного индекса, определяющий их вкусовые свойства.

Наиболее выраженное в рамках эксперимента положительное влияние на качество корнеплодов моркови по совокупности исследуемых биохимических характеристик, обусловленное в первую очередь их заметным обогащением растворимыми сахарами и каротиноидами, оказало применение Нанопланта

в дозе 5 мл/кг на фоне обработок семян пленкообразующими компонентами Гисинаром и особенно NaКМЦ. При этом независимо от вида пленкообразующего компонента наименее результативным в этом плане следовало признать использование минимальной дозы стимулятора (1 мл/кг), особенно на фоне обработок семян моркови NaКМЦ.

Список использованных источников

1. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т ; сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. – Пермь, 2012. – 148 с.
2. Боровиков, В. П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с.
3. Корма. Методы определения содержания сухого вещества : ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.2013. – М. : Стандартинформ, 2012. – 11 с.
4. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л., 1987. – 430 с.
5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 320 с. – (Университетский учебник. Высшая математика и ее приложения к биологии).

Поступила в редакцию 18 ноября 2022 г.

**V. V. Opimah, A. S. Grigalenok, E. P. Urban, S. G. Azizbekyan,
Zh. A. Rupasova, N. B. Krinitskaya, V. S. Zadalya, D. O. Sulim,
K. A. Dobryanskaya**

THE EFFECT OF MEMBRANE-FORMING COMPONENTS AND THE MICROELEMENT STIMULATOR NANOPLANT ON THE BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ROOTCROPS DURING THE ENCRUSTATION OF GARDEN CARROT SEEDS

SUMMARY

The results of a comparative study of the effect of membrane-forming components – Gisinar, PVA, VR-1 and NaCMC during seed encrustation in combination with treatment of the microelement stimulator Nanoplant-8 made as part of a field experiment with a 13-variant scheme in doses of 1, 3 and 5 ml/kg on the content of carotenoids, dry substances, free organic acids, soluble sugars and the sugar-acid index in garden carrot rootcrops are presented. The most pronounced positive effect on product quality in all biochemical characteristics was the use of a Nanoplant at a dose of 5 ml/kg together with the treatment of seeds with Gisinar and, to a larger extent, NaCMC, while the least was the use of a minimum dose of a stimulant, together with the treatment of NaCMC.

Key words: garden carrot; rootcrops; seeds; membrane-forming components; microelement stimulator Nanoplant; dry substances; ascorbic and free organic acids; soluble sugars; sugar-acid index.

В. В. Опимах¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий сектором столовых корнеплодов

А. С. Григаленок¹, младший научный сотрудник

Э. П. Урбан², член-корреспондент НАН Беларуси,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

первый заместитель генерального директора по научной работе

С. Г. Азизбекян³, старший научный сотрудник

Ж. А. Рупасова⁴, член-корреспондент НАН Беларуси,

доктор биологических наук, профессор,

заведующий лабораторией химии растений

Д. О. Сулим⁴, младший научный сотрудник

¹ РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

² РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Минская область

³ ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,
г. Минск

⁴ ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

ВЛИЯНИЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТИМУЛЯТОРА НАНОПЛАНТ ПРИ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты сравнительного исследования влияния пленкообразующих компонентов – Гисинара, ПВА, ВР-1 и NaКМЦ при инкрустации семян в сочетании с обработкой микроэлементным стимулятором Наноплант-8 в дозах 1, 3 и 5 мл/кг на содержание в корнеплодах свеклы столовой сухих веществ, свободных органических кислот, растворимых сахаров и показатель сахарокислотного индекса, выполненного в рамках полевого эксперимента с 13-вариантной схемой.

Наиболее выраженное положительное влияние на качество корнеплодов по совокупности исследуемых биохимических характеристик, обусловленное их заметным обогащением растворимыми сахарами и в большей степени свободными органическими кислотами, оказало применение Нанопланта в дозе 5 мл/кг. При этом наиболее эффективным было применение ВР-1 при наименьшей результативности в большинстве случаев обработки семян Наноплантом в дозе 3 мл/кг.

Ключевые слова: свекла столовая; корнеплоды; семена; пленкообразующие компоненты; микроэлементный стимулятор Наноплант; сухие вещества; свободные органические кислоты; растворимые сахара; сахарокислотный индекс.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших аспектов совершенствования технологии выращивания корнеплодов свеклы столовой является использование для инкрустации семян пленкообразующих компонентов, среди которых наиболее перспективными являются следующие виды клеящих веществ: ВР-1 (ВРП-3 полимер синтетический водорастворимый ТУ РБ 00280198.024-99); NaКМЦ (карбоксиметилцеллюлоза, марка 75 Б, ТУ2231-034-79249837-206 с изм. 1-17); Гисинар («Гисинар-М», водная суспензия 150–200 г/л (сополимер натриевой соли акриловой кислоты и акриламида), ТУ ВУ 100050710.103-2007) – водная суспензия, а также ПВА (поливинилацетатный клей). При этом для оптимизации питательного режима прорастающих семян представлялось целесообразным проведение их обработки жидким концентрированным микроэлементным стимулирующим препаратом Наноплант-8, в состав которого входят 8 микроэлементов, в том числе с содержанием в г/л: Zn – не менее 0,25, Co, Mn – не менее 0,36, Cu, Cr, Mo, Se – не менее 0,45, Fe – не менее 0,60.

Использование перечисленных выше химических соединений при инкрустации семян свеклы могло оказать определенное влияние на биохимический состав корнеплодов. С целью установления степени данного влияния были проведены настоящие исследования, позволившие научно обосновать эффективность того или иного агроприема в плане улучшения качества производимой продукции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование влияния совместного использования пленкообразующих компонентов и микроэлементного стимулятора Наноплант при инкрустации семян свеклы столовой на ряд биохимических характеристик корнеплодов на примере сорта Прыгажуня выполнено в рамках полевого эксперимента с 13-вариантной схемой обработок: 9 – Контроль – вариант без обработки; 7 – Гисинар + Наноплант (1 мл/кг); 8 – ПВА + Наноплант (1 мл/кг); 10 – ВР-1 + Наноплант (1 мл/кг); 11 – NaКМЦ + Наноплант (1 мл/кг); 13 – Гисинар + Наноплант (3 мл/кг); 14 – ПВА + Наноплант (3 мл/кг); 15 – ВР-1 + Наноплант (3 мл/кг); 16 – NaКМЦ + Наноплант (3 мл/кг); 19 – Гисинар + Наноплант (5 мл/кг); 20 – ПВА + Наноплант (5 мл/кг); 21 – ВР-1 + Наноплант (5 мл/кг); 22 – NaКМЦ + Наноплант (5 мл/кг).

Перед закладкой полевого опыта был проведен анализ посевных качеств семян свеклы в соответствии с ГОСТ 12038-84, выявивший показатель всхожести 98 % при энергии прорастания 92 %. Подготовку семян для проведения инкрустации осуществляли на шлифовальной машине с последующей доочисткой и калибровкой. При этом для всех вариантов опыта, за исключением контроля, была предусмотрена предварительная обработка семян протравителем Престиж. Испытываемые пленкообразующие компоненты применялись из расчета 100 мл/кг семян.

Биохимические исследования выполнены в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. При определении спектра

характеристик биохимического состава корнеплодов свеклы приоритетное внимание было уделено параметрам накопления наиболее ценных в физиологическом плане соединений. Интерес к изучению влияния испытываемых агроприемов на биосинтез свободных органических кислот обусловлен их способностью обеспечивать поддержание кислотно-щелочного баланса в организме человека, а необходимость определения содержания растворимых сахаров связана с тем, что они являются выгодным и удобным источником трофических и энергетических ресурсов для функционирования организма.

В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание сухих веществ по ГОСТ 31640-2012 [3]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [4]. В высушенных при температуре 60 °С пробах определяли содержание растворимых сахаров ускоренным полумикрометодом [1]. Все измерения и определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [2, 5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования биохимических характеристик корнеплодов свеклы столовой, полученные на фоне испытываемых агроприемов в рамках аналогичного с культурой моркови столовой полевого эксперимента и приведенные в таблице 1, выявили довольно широкие диапазоны их варьирования, составившие для содержания сухих веществ 16,1–25,0 %, свободных органических (титруемых) кислот – 0,92–2,16 %, растворимых сахаров – 48,3–65,0 % и показателя сахарокислотного индекса, характеризующего сладость данной продукции и определяемого по соотношению количеств растворимых сахаров и титруемых кислот – 26,0–60,5.

Значительная ширина приведенных диапазонов однозначно свидетельствовала о существенной зависимости исследуемых биохимических характеристик корнеплодов свеклы от испытываемых агроприемов, влияние которых, как и у моркови столовой, оказалось неоднозначным. Как следует из таблицы 2, независимо от дозы Нанопланта обработки семян свеклы Гисинаром способствовали усилению накопления в корнеплодах сухих веществ на 5–9 % относительно контроля. Аналогичная, но более выраженная тенденция увеличения их содержания на 19 % выявлена при использовании минимальной дозы стимулятора на фоне обработок ПВА.

В остальных вариантах опыта установлено либо снижение данного показателя на 7–24 %, наибольшее при применении минимальной дозы Нанопланта в сочетании с NaKMЦ, либо отсутствие различий с контролем по данному показателю.

Вместе с тем влияние пленкообразующих компонентов на накопление в корнеплодах свеклы свободных органических кислот на фоне обработок семян Наноплантом в дозах 1 и 3 мл/кг характеризовалось противоположной

Таблица 1 – Биохимические характеристики корнеплодов свеклы столовой в вариантах полевого опыта с использованием пленкообразующих компонентов и микроэлементного стимулятора Наноплант при инкрустации семян (в расчете на сухое вещество)

Вариант опыта	Сухие вещества, %		Свободные органические кислоты, %		Растворимые сахара, %		Сахарокислотный индекс	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
9 – Контроль	21,1 ± 0,1	–	1,35 ± 0,05	–	53,7 ± 0,3	–	39,8 ± 1,4	–
7 – Гисинар + Наноплант 1 мл/кг	22,2 ± 0,2	5,2*	1,33 ± 0,03	–0,3	53,0 ± 0,1	–2,0	39,8 ± 0,8	0
8 – ПВА + Наноплант 1 мл/кг	25,0 ± 0,1	30,2*	0,92 ± 0,02	–8,4*	55,3 ± 0,3	3,5*	60,5 ± 2,0	8,6*
10 – ВР-1 + Наноплант 1 мл/кг	20,5 ± 0,3	–2,0	1,75 ± 0,03	7,4*	53,0 ± 1,2	–0,6	30,4 ± 0,8	–5,8*
11 – NaКМЦ + Наноплант 1 мл/кг	16,1 ± 0,1	–39,5*	1,94 ± 0,03	10,3*	51,3 ± 0,3	–4,9*	26,5 ± 0,6	–8,6*
13 – Гисинар + Наноплант 3 мл/кг	23,0 ± 0,2	9,2*	1,32 ± 0,01	–0,6	56,0 ± 0,6	3,5*	42,4 ± 0,4	1,8
14 – ПВА + Наноплант 3 мл/кг	19,6 ± 0,4	–3,9*	2,02 ± 0,03	12,2*	57,0 ± 1,0	3,2*	28,2 ± 0,8	–7,2*
15 – ВР-1 + Наноплант 3 мл/кг	18,8 ± 0,2	–10,4*	1,30 ± 0,03	–0,9	50,7 ± 0,9	3,2*	38,9 ± 0,3	–0,7
16 – NaКМЦ + Наноплант 3 мл/кг	20,9 ± 0,2	–1,0	1,33 ± 0,03	–0,3	48,3 ± 1,5	–3,6*	36,2 ± 0,7	–2,8*
19 – Гисинар + Наноплант 5 мл/кг	22,6 ± 0,1	14,4*	1,60 ± 0,03	4,7*	63,0 ± 1,7	6,4*	40,6 ± 1,3	0,4
20 – ПВА + Наноплант 5 мл/кг	21,4 ± 0,1	1,6	1,65 ± 0,05	4,6*	60,7 ± 0,7	9,4*	36,8 ± 1,1	–2,8*
21 – ВР-1 + Наноплант 5 мл/кг	21,2 ± 0,2	0,7	1,79 ± 0,02	8,4*	65,0 ± 1,7	6,4*	36,4 ± 0,6	–2,8*
22 – NaКМЦ + Наноплант 5 мл/кг	19,7 ± 0,3	–5,3*	2,16 ± 0,03	15,1*	56,0 ± 0,6	3,5*	26,0 ± 0,4	–9,5*

* Статистически значимые по t -критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

Таблица 2 – Относительные различия с контролем вариантов полевого опыта с использованием пленкообразующего компонента и микроэлементного стимулятора Наноплант при инкрустации семян свеклы столовой по биохимическим характеристикам корнеплодов, %

Вариант опыта	Сухие вещества	Свободные органические кислоты	Растворимые сахара	Сахаро-кислотный индекс	Совокупный эффект
7 – Гисинар + Наноплант 1 мл/кг	+5,2	–	–	–	+5,2
8 – ПВА + Наноплант 1 мл/кг	+18,5	–31,9	+3,0	+52,0	+41,6
10 – ВР-1 + Наноплант 1 мл/кг	–	+29,6	–	–23,6	+6,0
11 – NaКМЦ + Наноплант 1 мл/кг	–23,7	+43,7	–4,5	–33,4	–17,9
13 – Гисинар + Наноплант 3 мл/кг	+9,0	–	+4,3	–	+13,3
14 – ПВА + Наноплант 3 мл/кг	–7,1	+49,6	+6,1	–29,1	+19,5
15 – ВР-1 + Наноплант 3 мл/кг	–10,9	–	–5,6	–	–16,5
16 – NaКМЦ + Наноплант 3 мл/кг	–	–	–10,1	–9,0	–19,1
19 – Гисинар + Наноплант 5 мл/кг	+7,1	+18,5	+17,3	–	+42,9
20 – ПВА + Наноплант 5 мл/кг	–	+22,2	+13,0	–7,5	+27,7
21 – ВР-1 + Наноплант 5 мл/кг	–	+32,6	+21,0	–8,5	+45,1
22 – NaКМЦ + Наноплант 5 мл/кг	–6,6	+60,0	+4,3	–34,7	+23,0

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с контролем при $p < 0,05$.

установленной в эксперименте с морковью направленностью. Так, в отличие от данной культуры, при минимальной дозе стимулятора использование ПВА для обработки семян свеклы способствовало снижению на 32 % содержания сухих веществ в корнеплодах по сравнению с контролем, тогда как применение в этих целях ВР-1 и особенно NaКМЦ, напротив, приводило к усилению их накопления на 30–44 % (см. табл. 2). При этом в большинстве вариантов опыта использование Нанопланта в дозе 3 мл/кг не оказывало значимого влияния на содержание в корнеплодах свеклы титруемых кислот, и лишь на фоне обработок семян ПВА наблюдалось не ослабление, как у моркови, их накопления, а напротив, его усиление почти на 50 % относительно контроля. Однако при применении максимальной дозы Нанопланта в большинстве вариантов опыта установлено отчетливо выраженное сходство с культурой моркови в изменении содержания титруемых кислот, состоявшее в активизации их накопления на 22–60 % по сравнению с контролем, наиболее значительной на фоне обработок семян NaКМЦ. Лишь при применении Гисинара, способствовавшего, как и остальные пленкообразователи, усилению накопления в корнеплодах свеклы титруемых кислот на 19 %, данная закономерность отличалась противоположной с культурой моркови направленностью.

Что касается растворимых сахаров, то влияние пленкообразующих компонентов на их накопление в корнеплодах свеклы на фоне обработок семян Наноплантом в дозах 1 и 3 мл/кг, как и свободных органических кислот, в ряде случаев характеризовалось противоположной установленной в эксперименте с морковью направленностью, но при меньшей степени его выразительности. Это подтверждалось отсутствием достоверных различий с контролем в их содержании при использовании Гисинара и ВР-1 в сочетании с минимальной дозой стимулятора, а также ингибированием на 6–10 % биосинтеза данных углеводов в вариантах опыта с применением ВР-1 и NaКМЦ совместно с Наноплантом в дозе 3 мл/кг. Вместе с тем при обеих дозах стимулятора использование ПВА, как и в эксперименте с морковью, способствовало хотя и менее выраженному, чем у нее, но все же статистически значимому обогащению корнеплодов свеклы растворимыми сахарами не более чем на 3–6 %. Аналогичная картина наблюдалась также при использовании Гисинара в сочетании с Наноплантом в дозе 3 мл/кг. Однако, как и в эксперименте с культурой моркови, на фоне обработок семян NaКМЦ в сочетании с минимальной дозой стимулятора происходило обеднение корнеплодов свеклы растворимыми сахарами, но выраженное в значительно меньшей степени (см. табл. 2).

Заметим, что при использовании максимальной дозы Нанопланта обнаружено отчетливое сходство с культурой моркови в направленности и степени изменений в содержании данных углеводов в корнеплодах свеклы относительно контроля. Так, в 19–21 вариантах опыта отмечено усиление их накопления на 13–21 %, наибольшее, как и у моркови, на фоне обработок семян ВР-1 и наименьшее при использовании ПВА. Однако, в отличие от предыдущего эксперимента, наименее успешным в этом плане оказался вариант

опыта с обработкой семян NaKMЦ, в котором активизация накопления растворимых сахаров в корнеплодах свеклы относительно контроля уступала таковой в корнеплодах моркови в 5,6 раза.

Показанная выше несопоставимость темпов биосинтеза титруемых кислот и растворимых сахаров в корнеплодах свеклы в большинстве вариантов опыта обусловила снижение на 8–35 % величины сахарокислотного индекса по сравнению с контролем, наиболее значительное на фоне обработок семян NaKMЦ в сочетании с минимальной и максимальной дозами Нанопланта, а также при совместном использовании ПВА и стимулятора в дозе 3 мл/кг. Лишь в единичном случае – в варианте опыта с применением данного пленкообразователя в сочетании с минимальной дозой Нанопланта установлено увеличение данного показателя по сравнению с контролем более чем на 50 %, обусловленное, главным образом, существенным ингибированием биосинтеза свободных органических кислот и в меньшей степени усилением накопления растворимых сахаров, не превышавшем 3 %. При этом независимо от дозы Нанопланта обработка семян свеклы Гисинаром не оказывала значимого влияния на показатель сахарокислотного индекса корнеплодов.

Как и в эксперименте с культурой моркови столовой, для выявления самого эффективного агроприема, обеспечившего наиболее высокое качество корнеплодов свеклы по спектру исследуемых показателей, был определен совокупный эффект. С этой целью во всех вариантах опыта было осуществлено суммирование относительных размеров отклонений биохимических характеристик от контроля с учетом их знака. Как следует из таблицы 2, на фоне обработок семян Наноплантом в дозах 1 и 3 мл/кг наиболее результативным оказалось применение пленкообразующего компонента ПВА, тогда как наименее эффективным, существенно уступающим варианту без обработок – использование NaKMЦ. Вместе с тем обработки семян максимальной дозой стимулятора обеспечили наиболее высокое в эксперименте, причем сходное, качество продукции в вариантах опыта с применением Гисинара и ВР-1. При этом в первом случае в степени его улучшения обнаружено сходство с культурой моркови. Использование ПВА и NaKMЦ также обусловило улучшение качественных показателей корнеплодов по сравнению с контролем, но их эффективность в этом плане уступала таковой в предыдущих вариантах опыта в 1,5–2 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования влияния пленкообразующих компонентов – Гисинара, ПВА, ВР-1 и NaKMЦ при инкрустации семян в сочетании с обработкой микроэлементным стимулятором Наноплант-8 в дозах 1, 3 и 5 мл/кг на биохимический состав продукции корнеплодов свеклы столовой (сорт Прыгажуня), выполненного в рамках полевого эксперимента с 13-вариантной схемой обработок, установлено, что совместное использование пленкообразующих компонентов и Нанопланта оказало неоднозначное

влияние на темпы биосинтеза в корнеплодах свеклы сухих веществ, свободных органических кислот, растворимых сахаров и показатель сахарокислотного индекса, определяющий их вкусовые свойства.

Как и у культуры моркови, наиболее выраженное в рамках эксперимента положительное влияние на качество корнеплодов свеклы столовой по совокупности исследуемых биохимических характеристик, обусловленное в первую очередь их заметным обогащением растворимыми сахарами и в большей степени свободными органическими кислотами, оказало применение Нанопланта в дозе 5 мл/кг при сходстве степени выразительности ответной реакции обеих овощных культур на обработку семян Гисинаром. Но если для моркови наиболее эффективным в этом плане было применение NaКМЦ, то для свеклы – использование ВР-1 при наименьшей результативности в большинстве случаев обработки семян Наноплантом в дозе 3 мл/кг.

Список использованных источников

1. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т ; сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. – Пермь, 2012. – 148 с.
2. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с.
3. Корма. Методы определения содержания сухого вещества : ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.2013. – М. : Стандартинформ, 2012. – 11 с.
4. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л., 1987. – 430 с.
5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 320 с. – (Университетский учебник. Высшая математика и ее приложения к биологии).

Поступила в редакцию 28 ноября 2022 г.

**V. V. Opimah, A. S. Grigalenok, E. P. Urban, S. G. Azizbekyan,
Zh. A. Rupasova, D. O. Sulim**

THE EFFECT OF MEMBRANE-FORMING COMPONENTS AND THE MICROELEMENT STIMULANT NANOPLANT WHEN INCRUSTATION OF RED BEET SEEDS ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF ROOT CROPS

SUMMARY

The article presents the results of a comparative study of the effect of membrane-forming components – Gisinar, PVA, WS-1 and NaCMC during seed encrustation in combination with treatment of the microelement stimulator Nanoplant-8 in doses of 1, 3 and 5 ml/kg on the content of dry substances,

free organic acids, soluble sugars and the sugar-acid index in beet rootcrops, performed as part of a field experiment with a 13-variant scheme.

The most pronounced positive effect on the quality of root crops in terms of the studied biochemical characteristics, such as organic acids and soluble sugars, was achieved through the use of Nanoplant at a dose of 5 ml/kg. At the same time, the most effective was the use of WS-1 with the lowest efficiency in most cases of seed treatment with Nanoplant at a dose of 3 ml/kg.

Key words: red beet; root crops; seeds; membrane-forming components; microelement stimulator Nanoplant; dry substances; free organic acids; soluble sugars; sugar-acid index.

В. В. Опимах¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий сектором столовых корнеплодов

А. С. Григаленок¹, младший научный сотрудник

Э. П. Урбан², член-корреспондент НАН Беларуси,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

первый заместитель генерального директора по научной работе

Ж. А. Рупасова³, член-корреспондент НАН Беларуси,

доктор биологических наук, профессор,

заведующий лабораторией химии растений

Д. О. Сулим³, младший научный сотрудник

К. А. Добрянская³, младший научный сотрудник

¹ РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

² РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Минская область

³ ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА РАСТЕНИЙ ДАЙКОНА И СРОКОВ ПОСЕВА СЕМЯН НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты сравнительного исследования влияния двух сроков посева семян дайкона – 15 июля и 25 июля на накопление сухих веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот, растворимых сахаров и показатель сахарокислотного индекса в корнеплодах четырех сортообразцов – Гастинец (стандарт), Всесезонный, Мантангонг и гибрид 15/02. Установлена наибольшая приемлемость для сортов Гастинец, Всесезонный и Мантангонг более раннего срока посева семян, обеспечившего на 5–51 % более высокое качество продукции по совокупности биохимических показателей, особенно по накоплению витамина С и растворимых сахаров, по сравнению с более поздним сроком посева, оказавшимся, напротив, наиболее оптимальным для гибрида 15/02, обусловившим наибольший выход в его продукции растворимых сахаров.

Ключевые слова: дайкон; сорта; корнеплоды; семена; сроки посева; сухие вещества; аскорбиновая и свободные органические кислоты; растворимые сахара; сахарокислотный индекс.

ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что агротехнические приемы, в том числе сроки посева семян, оказывают существенное влияние на формирование конечной

продукции сельскохозяйственных культур, важнейшими характеристиками которой являются урожайность и интегральный уровень ее питательной и витаминной ценности. Вместе с тем многочисленными исследованиями выявлена существенная зависимость степени данного влияния от генотипа растений. В этой связи с целью определения оптимальных сроков посева семян разных сортов дайкона с учетом их индивидуальной реакции на разные сроки посева семян, оцениваемой по накоплению в корнеплодах сухих веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот, а также растворимых сахаров и показателю сахарокислотного индекса, определяющему вкусовые свойства данной продукции, были проведены соответствующие исследования, результаты которых приведены ниже.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования влияния сроков посева семян дайкона на биохимический состав корнеплодов четырех сортообразцов – Гастинец, Всесезонный, Мантангонг (гибрид редьки китайской) и 15/02 осуществлены в рамках полевого опыта с применением двух сроков посева ручной сеялкой – 15 июля и спустя 10 дней – 25 июля. В качестве эталона сравнения был принят стандартный сорт Гастинец.

Исследования биохимического состава тестируемых объектов осуществляли в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание сухих веществ – по ГОСТ 31640-2012 [3]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [4]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [4]. В высушенных при температуре 60 °С пробах растительного материала определяли содержание растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [1]. Определение сахарокислотного индекса исследуемых корнеплодов осуществляли расчетным способом по соотношению содержания растворимых сахаров и свободных органических кислот. Все измерения и определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторностях с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований [6], с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание сухих веществ в продукции корнеплодов дайкона при обоих сроках посева семян изменялось в таксономическом ряду в сходных диапазонах значений – 5,7–9,5 % и 6,6–9,3 %, тогда как содержание в них свободных органических кислот при втором сроке посева семян охватывало область более высоких, чем при первом сроке, а аскорбиновой кислоты – область более низких значений: соответственно 1,89–3,49 % против 1,84–3,02 % и 187,9–353,7 мг/100 г против 193,1–404,5 мг/100 г (табл. 1). Аналогичные диапазоны варьирования содержания растворимых сахаров при обозначенных

Таблица 1 – Биохимические характеристики корнеплодов сортообразцов дайкона в зависимости от срока посева семян (в расчете на сухое вещество)

Срок посева семян	Сорт	Сухие вещества, %		Свободные органические кислоты, %		Растворимые сахара, %		Сахарокислотный индекс		Аскорбиновая кислота, мг/100 г	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
1-й	Гастинец – стандарт	7,4 ± 0,1	–	2,81 ± 0,03	–	31,3 ± 0,7	–	11,2 ± 0,2	–	262,1 ± 10,1	–
	Всесезонный	5,7 ± 0,1	–45,8*	3,02 ± 0,01	7,9*	39,0 ± 0,1	11,5*	12,9 ± 0,1	8,3*	381,9 ± 6,4	10,0*
	Мантангонг	9,5 ± 0,1	14,7*	2,24 ± 0,06	–8,6*	30,7 ± 0,7	–0,7	13,7 ± 0,3	6,4*	404,5 ± 7,9	11,1*
	Гибрид 15/02	8,9 ± 0,1	10,8*	1,84 ± 0,06	–14,1*	34,7 ± 0,7	3,5*	18,9 ± 0,6	12,7*	193,1 ± 4,2	–6,3*
2-й	Гастинец – стандарт	8,7 ± 0,2	–	2,25 ± 0,07	–	30,0 ± 0,1	–	13,3 ± 0,4	–	205,4 ± 1,6	–
	Всесезонный	6,6 ± 0,1	–8,7*	3,49 ± 0,09	11,3*	39,7 ± 0,7	14,5*	11,4 ± 0,3	–4,1*	265,8 ± 11,3	5,3*
	Мантангонг	9,3 ± 0,1	3,1*	2,80 ± 0,06	6,1*	23,3 ± 0,7	–10,0*	8,3 ± 0,1	–12,2*	353,7 ± 10,5	13,9*
	Гибрид 15/02	7,7 ± 0,1	–4,4*	1,89 ± 0,07	–3,7*	41,0 ± 0,6	19,1*	21,8 ± 0,6	11,3*	187,9 ± 2,5	–5,8*

* Статистически значимые по t -критерию Стьюдента различия со стандартным сортом при $p < 0,05$.

сроках высева семян также несколько различались между собой и соответствовали интервалам 30,7–39,0 % и 23,3–41,0 %, а показателя сахарокислотного индекса – 11,2–18,9 и 8,3–21,8.

Значительная ширина диапазонов варьирования исследуемых биохимических характеристик корнеплодов дайкона свидетельствовала об их существенной зависимости от генотипа растений, тогда как выявленные различия приведенных диапазонов указывали на определенную зависимость также от сроков высева семян. При этом были установлены заметные сортовые различия в степени влияния последних на темпы накопления в них полезных веществ. Так, если при более раннем сроке высева семян корнеплоды сортов Мантангонг и 15/02 превосходили таковые сорта Гастинец в содержании сухих веществ на 28 и 20 % соответственно при отставании от него сорта Всесезонный на 23 %, то при более позднем сроке высева только последний таксон подтвердил эти различия, тогда как для сорта Мантангонг было показано сокращение расхождений со стандартным сортом по данному показателю до 7 %, а для гибрида 15/02 и вовсе отставание от него на 12 % (табл. 2).

Вместе с тем при первом сроке высева семян наблюдалось подавление биосинтеза свободных органических кислот в корнеплодах сортов Мантангонг и 15/02 относительно сорта Гастинец на 20 и 35 % соответственно на фоне незначительного (в пределах 7–8 %) более активного их накопления у сорта Всесезонный. Однако при втором сроке высева семян наблюдалось значительное обогащение корнеплодов всех тестируемых сортов дайкона титруемыми кислотами. На это указывало еще более выраженное, чем при первом сроке высева семян, превышение эталонного уровня их содержания в продукции сорта Всесезонный, достигавшее 55 %, а также, хотя и менее значительное, но все же весьма заметное его превышение (на 25 %) в корнеплодах сорта Мантангонг. При этом, несмотря на то, что для гибрида 15/02 по-прежнему было показано отставание от сорта Гастинец в накоплении данных соединений, его относительные размеры сократились вдвое – до 16 % (табл. 2).

Что касается аскорбиновой кислоты, то сроки высева семян не повлияли на направленность различий в ее содержании с сортом Гастинец у всех тестируемых сортов, но отразились на степени их проявления. Так, независимо от сроков высева семян корнеплоды сортов Всесезонный и Мантангонг характеризовались более высоким, а гибрида 15/02 – более низким, чем у стандарта, содержанием витамина С. Однако при втором сроке высева семян степень расхождений с сортом Гастинец по данному показателю у сортов Всесезонный и 15/02 была в 1,6–3,1 раза меньшей, а у сорта Мантангонг, напротив, в 1,3 раза большей, чем при первом сроке.

Вместе с тем при втором сроке высева семян корнеплоды сорта Всесезонный и особенно гибрида 15/02 оказались соответственно в 1,3 и 3,4 раза богаче растворимыми сахарами, нежели при первом сроке, тогда как для сорта Мантангонг, не проявившего различий в этом плане со стандартным сортом при более раннем сроке посева, в этом случае было показано обеднение его

продукции данными углеводами на 22 %. Как следует из таблицы 2, при первом сроке посева семян более высокие темпы биосинтеза растворимых сахаров, нежели титруемых кислот, в корнеплодах всех тестируемых сортов образцов дайкона, особенно гибрида 15/02, обусловили также на 15–69 % более высокие, чем у сорта Гастинец, показатели сахарокислотного индекса, оцениваемого по соотношению количеств данных соединений, что следует рассматривать как позитивное явление, свидетельствовавшее об увеличении сладости их продукции. Однако при более позднем сроке посева семян у сортов Всесезонный и Мантангонг наблюдалась уже противоположная картина, свидетельствовавшая об опережении темпов накопления титруемых кислот относительно растворимых сахаров, обусловившем отставание данных таксонов от стандартного сорта по величине сахарокислотного индекса корнеплодов на 14 и 38 %. Лишь для гибрида 15/02 было показано такое же, как и при первом сроке посева семян, превышение эталонного значения этого показателя, что указывало на отсутствие у данного таксона его зависимости в этом плане от исследуемого фактора.

С целью выявления среди тестируемых сортов образцов дайкона таксонов с наиболее высоким качеством корнеплодов при разных сроках посева семян для каждого из них было осуществлено суммирование относительных размеров выявленных различий со стандартным сортом Гастинец по исследуемым характеристикам биохимического состава с учетом их знака, дающее интегральное представление о преимуществах того или иного объекта по совокупности этих показателей (табл. 2). Нетрудно убедиться, что независимо от сроков посева семян все тестируемые сорта образцы превосходили эталонный сорт Гастинец по данному признаку на 39–78 %, что однозначно свидетельствовало о более высоком, чем у него, качестве продукции корнеплодов и лидирующем положении сорта Мантангонг при более раннем сроке посева семян и сорта Всесезонный при более позднем сроке.

На наш взгляд, показанные выше генотипические различия исследуемых характеристик биохимического состава корнеплодов дайкона в зависимости от сроков посева семян обусловлены разной степенью их восприимчивости к воздействию данного фактора, о чем свидетельствуют данные таблицы 3.

Так, в корнеплодах стандартного сорта Гастинец более поздний срок посева семян способствовал увеличению на 18–19 % по сравнению с более ранним сроком содержания сухих веществ и показателя сахарокислотного индекса при ослаблении на 20–22 % накопления аскорбиновой и свободных органических кислот на фоне отсутствия различий в содержании растворимых сахаров. При этом для сорта Всесезонный показано усиление на 16 % накопления сухих веществ и титруемых кислот при ослаблении на 30 % такового аскорбиновой кислоты и снижении на 12 % показателя сахарокислотного индекса, а также, как и у сорта Гастинец, отсутствие достоверных различий между сроками в накоплении растворимых сахаров. У сорта Мантангонг более поздний срок посева семян способствовал увеличению

Таблица 2 – Относительные различия сортообразцов дайкона со стандартным сортом Гастинец по биохимическим характеристикам корнеплодов в зависимости от сроков посева семян, %

Срок посева семян	Сорт	Сухие вещества	Свободные органические кислоты	Аскорбиновая кислота	Растворимые сахара	Сахарокислотный индекс	Совокупность различий
1-й	Всесезонный	-23,0	+7,5	+45,7	+24,6	+15,2	+70,0
	Мантангонг	+28,4	-20,3	+54,3	–	+22,3	+84,7
	Гибрид 15/02	+20,3	-34,5	-26,3	+10,9	+68,8	+39,2
2-й	Всесезонный	-24,1	+55,1	+29,4	+32,3	-14,3	+78,4
	Мантангонг	+6,9	+24,4	+72,2	-22,3	-37,6	+43,6
	Гибрид 15/02	-11,5	-16,0	-8,5	+36,7	+63,9	+64,6

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий со стандартным сортом при $p < 0,05$.

Таблица 3 – Степень различий биохимических характеристик корнеплодов сортообразцов дайкона при втором сроке посева семян относительно первого, %

Сорт	Сухие вещества	Свободные органические кислоты	Аскорбиновая кислота	Растворимые сахара	Сахарокислотный индекс	Совокупность различий
Гастинец	+17,6	-19,9	-21,6	–	+18,8	-5,1
Всесезонный	+15,8	+15,6	-30,4	–	-11,6	-10,6
Мантангонг	–	+25,0	-12,6	-24,1	-39,4	-51,1
Гибрид 15/02	-13,5	–	–	+18,2	+15,3	+20,0

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий между сроками посева семян при $p < 0,05$.

на 25 % содержания в продукции титруемых кислот при снижении на 13–39 % такового аскорбиновой кислоты, растворимых сахаров и показателя сахарокислотного индекса. При этом наименее выраженной зависимостью параметров накопления аскорбиновой и свободных органических кислот от сроков высева семян характеризовался гибрид 15/02, для которого при более позднем сроке по сравнению с более ранним было показано обогащение корнеплодов на 18 % растворимыми сахарами, обусловившее увеличение на 15 % показателя сахарокислотного индекса при обеднении их на 14 % лишь сухими веществами.

Вместе с тем, как следует из таблицы 3, при более позднем сроке высева семян для сортов Гастинец, Всесезонный и Мантангонг установлено на 5–51 % более низкое качество корнеплодов по сравнению с более ранним сроком по совокупности биохимических показателей при наиболее выраженном отставании в этом ряду последнего таксона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования влияния двух сроков посева семян дайкона – 15 июля и спустя 10 дней – 25 июля на накопление сухих веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот, растворимых сахаров и показатель сахарокислотного индекса в корнеплодах четырех сортообразцов – Гастинец (стандарт), Всесезонный, Мантангонг и гибрид 15/02 показали, что при более позднем сроке высева семян для сортов Гастинец, Всесезонный и Мантангонг установлено на 5–51 % более низкое качество корнеплодов по совокупности биохимических показателей по сравнению с более ранним сроком при наиболее выраженном отставании в этом ряду последнего таксона. Это позволяет сделать заключение о наибольшей приемлемости для данных сортов более раннего срока высева семян, обеспечившего в эксперименте более сбалансированный биохимический состав продукции их корнеплодов по накоплению витамина С и растворимых сахаров по сравнению с более поздним сроком высева, оказавшимся, напротив, наиболее оптимальным для гибрида 15/02, поскольку он обусловил наибольший выход в его продукции растворимых сахаров при отсутствии выявленного у предыдущих сортов существенного ингибирования биосинтеза витамина С.

Список использованных источников

1. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. ; сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. – Пермь, 2012. – 148 с.
2. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с.
3. Корма. Методы определения содержания сухого вещества : ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.2013. – М. : Стандартинформ, 2012. – 11 с.
4. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л., 1987. – 430 с.

5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 320 с.

Поступила в редакцию 18 ноября 2022 г.

**V. V. Opimah, A. S. Grigalenok, E. P. Urban, Zh. A. Rupasova,
D. O. Sulim, K. A. Dobryanskaya**

THE EFFECT OF THE GENOTYPE OF DAIKON PLANTS AND SOWING TIME ON THE BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ROOT CROPS

SUMMARY

The results of a comparative research of the influence of two sowing dates of daikon seeds – July 15 and July 25 on the accumulation of solids, ascorbic and free organic acids, soluble sugars and the sugar-acid index in the root crops of 4 varieties – Gastinets (standard), Vsesazonny, Mantangong and hybrid 15/02. The highest acceptability for the varieties Gastinets, Vsesazonny and Mantangong of an earlier seed sowing period was established, which provided a 5–51 % higher product quality in terms of its biochemical characteristics, especially in terms of the accumulation of vitamin C and soluble sugars, compared with a later sowing date, which turned out to be the most optimal for hybrid 15/02, which determined the highest yield of soluble sugars in its production.

Key words: daikon; varieties; root crops; seeds; sowing dates; dry substances; ascorbic and free organic acids; soluble sugars; sugar-acid index.

И. В. Павлова¹, кандидат биологических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

Г. В. Ермоленкова², научный сотрудник

М. Л. Романова², кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник

¹ГУ «Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы», г. Минск

²ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси», г. Минск

АПОМИКСИС *ALLIUM*-ТИПА В СВЯЗИ С СИСТЕМАТИКОЙ И СЕЛЕКЦИЕЙ ЛУКОВЫХ КУЛЬТУР В БЕЛАРУСИ

РЕЗЮМЕ

Исследования апомиксиса Allium-типа видов луков, сопоставление уровня ploидности видов луков флоры Беларуси с наличием воздушных бульбочек в соцветии привели к выводу о роли апомиксиса в становлении видов луков и его недоиспользованности в селекции и семеноводстве лука репчатого. Это касается возможности получения линейного материала, аналогичного материнскому растению, у апомиктических форм, по аналогии с Allium tuberosum Rottl., для гибридной селекции. Показано, что сочетание теплого зимнего хранения, рассадного метода и отбора при выращивании чеснока ярового в Смолевичском районе позволяет получить на следующий год более крупные луковицы и увеличить их количество в урожае по сравнению с посадкой зубков в грунт весной, что может отражать климатическую изменчивость.

Ключевые слова: луковицы; яровой чеснок; виды луков; флора Беларуси; апомиксис Allium-типа; климатическая изменчивость.

ВВЕДЕНИЕ

В основе видообразования луков лежат полиплоидизация, географическая изоляция и гибридогенез [1, 2]. Механизмы, имитирующие географическую изоляцию и гибридогенез, коммерциализованы в современной селекции лука репчатого [3]. Пространственная изоляция, представляющая собой аналог географической изоляции, позволяет сохранять сортовые генетические признаки при селекции и семеноводстве лука репчатого. Поля с разными сортами располагают на расстоянии 2 км на открытом месте и 600 м на участках, защищенных древесными насаждениями, для исключения переопыления. Гибридизация, являющаяся частным случаем гибридогенеза в селекции, семеноводстве и промышленном размножении лука репчатого, максимально реализуется в потенциале гибридов F_1 . Новые сорта получают также рутинным методом с помощью гибридизации интродукцией в генотип хозяйственно

ценных признаков от других сортов или диких видов. Потенциал апомиксиса *Allium*-типа в современном селекционном процессе луковых культур в настоящее время раскрыт не полностью.

Современная концепция практико-ориентированной системы по развитию рынка семян овощных культур в Республике Беларусь связана с разработкой и принятием на государственном уровне мер, стимулирующих развитие сферы размножения семян овощных культур, включая селекционную науку, производство и потребление элитных семян. В настоящее время результаты селекции и семеноводства на 50–80 % определяют урожайность и окупаемость производства товарной продукции овощных культур. [4]. В связи с этим для луковых овощных культур особенно важна отечественная селекция, так как потенциал хозяйственных признаков сортов максимально реализуется только в регионах их выведения. Это связано с зависимостью образования луковиц от фотопериода, температурного режима, других экологических факторов [3], которые характерны для каждой местности, и с формированием специфической устойчивости к биотическому стрессу посредством доступных отечественных технологий селекции, выращивания и ухода.

Цель данной работы – сформировать представление об апомиксисе *Allium*-типа как биологической особенности размножения видов луков, способной обеспечить формирование линейного потомства, идентичного материнскому растению, и возможном источнике потомства с измененным уровнем пloidности для использования в селекционном процессе сельскохозяйственных луковых культур в Беларуси.

Для достижения цели следовало решить поставленные задачи: оценить уровень пloidности разных видов луков, произрастающих на территории Беларуси, привести результаты исследований апомиксиса луковых культур, связать изменчивость видов луков по уровню пloidности с апомиксисом *Allium*-типа и предложить учитывать данную особенность размножения культуры в селекционном процессе сельскохозяйственных луковых культур. В работе приводятся результаты развития технологии выращивания ярового чеснока в Смолевичском районе Минской области Беларуси как хозяйственное проявление потенциала другого биологического свойства видов луков – клинальной изменчивости или образования экологических форм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основная часть исследований выполнена путем обзора и анализа результатов ботанических и физиолого-биохимических исследований луковых культур. При содействии коллег из ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси» пополнена *in vivo* коллекция диких видов луковых культур, что позволило провести сравнительный физиолого-морфологический анализ живых растений и дополнить данные современных флористических наблюдений.

Для исследований использовали местную яровую нестрелковую форму чеснока. Для контроля закупили луковицы формы ярового чеснока из Столинского

района. Луковицы для опыта хранили зимой в комнатных условиях при 20–24 °С при естественном фотопериоде. На рассаду зубки высаживали в 3-й декаде февраля в 2022 г. Рассаду выращивали в комнатных условиях при 20–24 °С при естественном освещении короткого весеннего дня на широте г. Минска (рис. 1).

При высадке рассады в грунт для контроля из этой же партии высаживали зубки в открытый грунт в 1-й декаде апреля из расчета 20 растений/пог. м на расстоянии 5 см. Чеснок выращивали на делянках по 5 пог. м в 4-кратной повторности. Полив и прополки проводили по мере необходимости. Всего в каждом варианте было проанализировано до 60 луковиц. Минеральное удобрение вносили из расчета $N_{90}P_{90}K_{90}$: 14 г/пог. м аммиачной селитры (весной), 14 г/пог. м двойного суперфосфата (весной) и 12 г/пог. м хлористого калия (под осень) [5]. Почва участка дерново-подзолистая. Предшественник – картофель. Полевые опыты закладывали на приусадебном участке (Смолевичский район Минской области, в окрестностях д. Домашаны), проводили наблюдение за ростом и развитием. В 2022 г. были благоприятные погодные условия для роста луковых культур в плане весенне-летних температур и отсутствия засух в период начала роста, роста растений и начала завязывания луковиц.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Образование семян является основным способом поддержания обновления и развития популяции растений. В результате причин, ограничивающих опыление, большинство видов растений слабо завязывают семена. Однако есть виды, завязывающие семена с вероятностью до 90 %. Наряду с высокой эффективностью опылителей этот процесс может обеспечиваться также автономным самоопылением и апомиксисом. Закономерности, гарантирующие



Рисунок 1 – Внешний вид 30-дневной рассады ярового чеснока (25.03.2022 г.)

образование семян, выявляются в результате полевых наблюдений, сопоставлением морфологических характеристик, селекционными экспериментами. Есть виды, имеющие облигатный апомиксис, когда после принудительного опыления наблюдается ингибирование роста пыльцевых трубок и отсутствие их проникновения в яйцеклетку. Облигатный апомиксис проявляется морфологически образованием из мегаспороцита цепочки тетрад, которые развиваются в зрелый зародышевый мешок. При этом эмбрион развивается из неоплодотворенной яйцеклетки и имеет количество хромосом такое же, как у матери. Такой тип апомиксиса называется апомиксисом *Allium*-типа, так как он характерен для луковых культур [6].

Вышеприведенные факты подтверждаются следующими результатами, полученными для шести сортов китайского лука (*Allium tuberosum* Rottl.) ($2n = 32, 4x$), для которых изучили степень апомиксиса с помощью электрофоретического анализа эстеразы. Для каждого изученного сорта было установлено, что в листьях более 90 % потомства от кроссов между этими сортами выявляется одинаковый с их материнским родителем спектр энзимов. Остальное потомство имеет гибридные спектры. По мнению авторов, энзимозлектрофореграммы материнского и гибридного типов различаются ясно и однозначно. В результате китайский лук охарактеризован как апомикт с 90 %-й степенью апомиксиса [7]. В дополнительных экспериментах среди потомства, имеющего материнскую энзимограмму эстеразы, путем цитологического анализа клеток корневого чехлика выявили два гаплоида ($2n=17, 16$), по одному в каждом потомстве. Экспериментально подтверждена вероятность изменения уровня плоидности потомков у сортов вида лука, характеризующегося апомиксисом.

Современное состояние научных исследований видов лука характеризуется применением цитологических исследований в ботанике для систематики, но не в селекции. Например, у признанного аборигенным видом флоры Беларуси *A. lusitanicum* Lam. относительно хорошо изучены основные хромосомные числа (гаплоидное число хромосом $x = 8$) и кариотип. Согласно данным, представленным в таблице 1, этот вид, как и другие 54 % вида луков флоры Беларуси, характеризуется полиморфизмом по числу хромосом. У данного вида чаще всего встречаются тетраплоиды ($2n = 32$). Разные хромосомные числа *A. lusitanicum* Lam. приурочены к разным ареалам. Хромосомное число $2n = 32$ определено у образцов из Италии, Болгарии, Испании, Австрии, Хорватии, Словакии и Литвы. Диплоиды ($2n = 16$) обнаружены в Испании, триплоиды ($2n = 24$) – в Австрии и Венгрии, гексаплоиды ($2n = 48$) – в Италии. У тетраплоидных растений из Украины, Италии и Чехии иногда отмечались добавочные В-хромосомы [8]. Авторы указывают, что различные цитотипы данных видов не отличаются морфологически.

Наличие или отсутствие полиморфизма по уровню плоидности у луков, представленных на территории Беларуси, не зависит от наличия воздушных бульбочек. Ранее при анализе расщепления по окраске чешуй воздушных бульбочек чеснока озимого было сделано предположение об их генеративной

Таблица 1 – Особенности строения соцветия видов луков, произрастающих на территории Беларуси, и их хромосомные числа [10]

Виды луков		Наличие воздушных бульбочек	Хромосомное число, 2n =
Латинское название	Русское название		
<i>A. aflatunense</i> B. Fedtsch	Л. афлатунский	Не указано	16
<i>A. ampeloprasum</i> L. (<i>A. porrum</i>)	Л. порей	Нет	16, 32, 40, 48, 56, 64
<i>A. angulosum</i> L.	Л. угловатый	Нет	16, 32
<i>A. antissimum</i> Regel	Л. высочайший	Нет	16
<i>A. caeruleum</i> Pall. (var. <i>Bulbiferum</i>)	Л. голубой	Есть	16, 24, 32
<i>A. cepa</i> L.	Л. репчатый	Нет	16, 32, 54
<i>A. cepa</i> L. var. <i>aggregatum</i> G. Don (<i>A. ascalonicum</i> auct.)	Л. многозачатковый, шалот	Нет	16
<i>A. cirrhosum</i> Vand.	Л. хорошенский	Нет	16
<i>A. cristophii</i> Trautv.	Л. Христофа, Л. беловолосистый	Нет	16
<i>A. fistulosum</i> L.	Л. дудчатый, батун	Есть	16, 32, 54
<i>A. flavum</i> L.	Л. желтый	Нет	16, 32
<i>A. giganteum</i> Regel	Л. гигантский	Нет	16, 32, 48
<i>A. hollandicum</i> R.M. Fritsch	Л. голландский	Нет	16
<i>A. karataviense</i> Regel.	Л. каратавский	Нет	18
<i>A. lusitanicum</i> Lam.	Л. португальский	Нет	16, 32
<i>A. macleanii</i> Baker	Л. Маклейна	Нет	16
<i>A. moli</i> L.	Л. Моли	Нет	14
<i>A. neapolitanum</i> Cirillo	Л. неаполитанский	Нет	14, 21, 28, 30–32, 34–36, 39, 40 4
<i>A. nigrum</i> L.	Л. черный	Нет	16
<i>A. nutans</i> L.	Л. поникающий, слизун	Нет	16, 17, 24, 28, 44, 48, 56, 64, 72
<i>A. oleraceum</i> L.	Л. огородный	Есть	24*, 32*, 40, 48
<i>A. oreophilum</i> C.A.Mey	Л. горолобивый	Не указано	14, 16
<i>A. paradoxum</i> (Bieb.)	Л. странный	Есть	16
<i>A. ramosum</i> L.	Л. ветвистый	Не указано	16, 24, 32
<i>A. rosenorum</i> R.M.Fritsch	Л. ложнорозенбах- вый	Нет	16
<i>A. roseum</i> L.	Л. розовый	Нет	16, 24, 28, 32, 40, 48
<i>A. rotundum</i> L.	Л. округлый	Не указано	16, 24, 32, 40, 48
<i>A. sativum</i> L.	Л. посевной, чеснок	Есть	16, 48
<i>A. schoenoprasum</i> L.	Л. скорода, шнитт- лук, лук-резанец	Нет	16, 24, 32
<i>A. Schubertii</i> Zucc.	Л. Шуберта	Нет	16
<i>A. scorodoprasum</i> L.	Л. чесночный	Нет	16, 24, 32
<i>A. senescences</i> L.	Л. китайский	Нет	16, 32
<i>A. siculum</i> Ucria	Л. сицилийский	Нет	18
<i>A. sphaerocephalon</i> L.	Л. круглоголовый	Нет	16, 24, 32
<i>A. stipitatum</i> Regel	Л. стебельчатый	Нет	16

Виды луков		Наличие воздушных бульбочек	Хромосомное число, 2n =
Латинское название	Русское название		
<i>A. suworowii</i> Regel	Л. Суворова	Нет	16
<i>A. ursinum</i> L.	Л. медвежий, черемша	Нет	14
<i>A. victorialis</i> L.	Л. победный, сибирская черемша	Нет	16, 32
<i>A. vineale</i> L.	Л. виноградничный. Var. <i>capsuliferum</i> W.D.J. Koch без бульбочек, var. <i>compactum</i> -соцветие целиком состоит из бульбочек	Есть	16, 32, 40, 48
<i>A. × wakegi</i> Araki (<i>A. fistulosum</i> × <i>A. cepa</i>)	Л. многоярусный	Есть	16
<i>A. zebdanense</i> Boiss et Noë	Л. зебданский	Нет	18

* Значение определено в ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси».

природе и о том, что они являются сочными аналогами ботанических семян, развивающимися в результате апомиксиса [9]. Поэтому для всех видов, имеющих воздушные бульбочки, характерен полиморфизм по уровню плоидности за исключением редкого в дикой флоре Беларуси вида *A. paradoxum*. Таким образом, имеет смысл использовать признак «наличие воздушных бульбочек», как и сами бульбочки, в селекции луковых культур для создания и отбора полиплоидов. Данный вывод особенно актуален для стрелкующих озимых форм чеснока и может вести к выделению хозяйственно ценных образцов.

Дополнительной, важной для использования в регуляции роста и развития луковых культур информацией о биологических особенностях видов луков белорусской флоры является наличие среди них более и менее полиморфных по морфологическим признакам таксонов. У одних полиморфизм связан с видообразованием, у других – нет. Например, из состава *A. senescens* выделено множество разновидностей и подвидов, из которых часть получили ранг отдельных видов. *A. stipitatum* Regel в природе является очень полиморфным видом по окраске листьев и листочков околоцветника, высоте растений, ширине листьев и степени их опушения. Его белоцветковый культивар – cv. Mount Everest дает гибридные формы с *A. giganteum*, *A. hollandicum* (cv. Gladiator), *A. karatavense* (cv. Globus) и *A. macleanii*. Они характеризуются высокой декоративностью и используются в промышленном цветоводстве в Нидерландах, а луковицы, подготовленные к цветению, востребованы во всем мире. Гибридные формы встречаются чаще, чем основной вид. С 2002 г. в Беларуси стали реализовывать семена лука победного (*A. victorialis*), в результате его ареал расширился. Для данного таксона в условиях республики было установлено, что он характеризуется сильной изменчивостью по ширине листьев, окраске листочков околоцветника, в связи с этим выделяются разновидности, подвиды и отдельные виды. Очень изменчивый по окраске

листочков околоцветника и по наличию бульбочек в соцветии вид *A. vineale* L. Формы выявляются в пределах одной популяции. У *A. vineale* L. var. *hair* луковички в соцветии прорастают и образуют хохолок из зеленых волосков. Следовательно, виды луков, произрастающих на территории Беларуси, отличаются по выраженности полиморфизма и, скорее всего, по причинам, вызывающим данный полиморфизм, в частности те, у которых полиморфизм ведет к видообразованию, от тех, которые характеризуются ненаследуемой изменчивостью. В научной литературе о систематике луков среди причин, вызывающих внутривидовые не наследующиеся морфологические отличия, приводятся клинальная изменчивость таксона и формирование экологических форм. Эти феномены описаны для шнитт-лука (*A. schoenoprasum* L.), в природе очень изменчивого вида по высоте растений, длине и окраске листочков околоцветника, однако не имеющего подвидов [11]. Этот феномен, по нашему мнению, иллюстрируется на яровом чесноке ежегодным укрупнением луковиц в урожае (рис. 2, с) и увеличением доли фракции крупных луковиц с небольшим количеством зубков (рис. 2 с1) при технологии, сочетающей отбор на семенные цели самых крупных луковиц с количеством зубков до 6–8 шт., рассадный метод и теплое хранение зимой. Крупные луковицы ярового чеснока (рис. 2, с) в данном эксперименте по размеру и массе меньше крупных луковиц озимого чеснока (рис. 2, а), но уже сопоставимы в отличие от луковиц мелкой фракции (рис. 2, d). В полученном урожае ярового чеснока, как и в предыдущие годы, присутствует элемент дикого типа – это фракция мелких луковиц с большим количеством мелких зубков.

В урожае 2022 г. удалось получить единичные луковицы массой 28,0 г, что находится на уровне стандарта (сорт Ярвинит, средняя масса луковицы 26,6 г. [12]). Средняя масса товарной луковицы была на уровне образца из Столинского района (табл. 2).



Рисунок 2 – Товарная и нестандартная луковицы в урожае ярового чеснока: а – товарная (крупная) и b – нестандартная луковицы в урожае озимого чеснока, с – товарная (крупная) луковица и d – нестандартная луковица в урожае ярового чеснока, с1 – зубки крупных луковиц ярового чеснока, d1 – крупные и d2 – мелкие зубки мелких луковиц ярового чеснока, с1* – донце луковицы (редуцированный стебель)

Таблица 2 – Средняя масса товарной луковицы в урожае яровой формы чеснока в зависимости от способа выращивания, г

Вариант опыта	2020 г.	2022 г.
Рассадный способ (Домашаны)	14,0 ± 2,1	19,2 ± 1,8
Высадка зубками (Домашаны)	12,5 ± 1,1	11,9 ± 1,0
Яровой (товарный, Столин)	7,3 ± 1,0	18,3 ± 1,0
Озимый (контроль)	36,7 ± 6,3	48,2 ± 4,4

Импорт товарных луков (38,3 тыс. т в 2019 г.) [13], в том числе севка (в 2020 г. 2 243 т за 2,6 млн долл США) в Беларусь является очевидным фактом [4]. Биологические особенности луковых культур, выделяющие их среди других овощных в экономико-логистической области, отражаются в том, что импортируются не собственно ботанические семена, а лук-севок, то есть луковицы первого года жизни, это же относится и к чесноку, который вообще не образует ботанических семян. В этой связи в поддержку необходимости развития отечественной селекции, семеноводства и производства луков можно привести не только важность доступных цен на отечественные семена и товарную продукцию [14], но и нежелательность ожидаемого завоза с живыми луковицами штаммов патогенов луков. Недавним примером такой возможности является прорывное в научном плане сообщение об открытии первых грамм позитивных штаммов, эволюционировавших из рода *Curtobacterium* почвенных бактерий: *C. allii* и *P. Uvaldensis*, являющихся патогенными, вызывающими гниль сердцевины луковиц в лукопроизводящем регионе Техаса в США. [15]. В Техасском университете (в Texas A&M AgriLife были открыты новые виды патогенов лука репчатого) наряду с научной проводится селекционная и семеноводческая работа с луком репчатым, к которой привлекаются и обучаются фермеры и заинтересованная молодежь штата. Для нашей страны этот опыт может быть важен в связи с возможностью организовать производство репродукционных семян и посадочного материала при участии талантливых овощеводов на основе личных подсобных хозяйств, привлекая и обучая их с помощью механизмов дополнительного образования граждан в рамках государственных программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из анализа результатов мировых научных исследований апомиксиса луков, апомиксиса *Allium*-типа, уровня плоидности видов луков флоры Беларуси, в связи с наличием воздушных бульбочек в соцветии можно сделать вывод о роли апомиксиса в становлении видов луков и недоиспользованности апомиксиса в селекции и семеноводстве луковых культур. Это касается возможности получения линейного материала, аналогичного материнскому растению, у апомиктичных форм, по аналогии с *Allium tuberosum* Rottl. для гибридной селекции.

Примеры клинальной изменчивости луков дикой флоры Беларуси находят отражение в поведении ярового чеснока при выращивании его по рассадной

технологии в условиях Смолевичского района Минской области. При этом из крупного посадочного материала с крупными зубками в количестве около 6 шт. формируется урожай с фракцией крупных и мелких луковок. Фракция крупных луковок состоит из луковок с небольшим количеством зубков, фракция мелких луковок содержит луковки с числом зубков около 6–8 шт. и луковки с большим количеством мелких зубков по дикому типу.

Список использованных источников

1. Джус, М. А. Лук луситанский (*Allium lusitanicum* Lam., *Amaryllidaceae*) – новый аборигенный вид для флоры Беларуси / М. А. Джус, В. Н. Тихомиров // Журн. Белорус. гос. ун-та. Биология. – 2018. – № 3. – С. 28–37.
2. Friesen, N. Taxonomy, chorology and evolution of *Allium lusitanicum* – the European «*A. senescens*» / N. Friesen, N. Herrmann // Linzer Biologische Beitr dge. 1998. – № 30 (2). – P. 815–830.
3. Basset, L. M. Breeding vegetable crop / L. M. Basset. – Minnesota, 1986. – P. 357–392.
4. Система мер по развитию рынка семян овощных культур в Республике Беларусь [Электронный ресурс] / А. В. Пилипук [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2022. – Т. 60, № 3. – С. 263–278. – Режим доступа: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-3-263-278>. – Дата доступа: 28.09.2022.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси; рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2010. – С. 44–66.
6. High fruit setting rate without male participation: A case study of obligate apomixis in *Rhomboda tokioi* (Orchidaceae) [Electronic resource] / Hanwen Xiao [et al.]. – Flora. – 2021. – Vol. 283. 151920. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151920>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253021001596>. – Date of access: 28.09.2022.
7. Kojima, A. Degree of Apomixis in Chinese Chive (*Allium tuberosum*) Estimated by Esterase Isozyme Analysis [Electronic resource] / A. Kojima, Y. Nagato, K. Hinata // Jpn. J. Breeding Science. – 1991. – № 41. – P. 73–83. – Mode of access: <https://doi.org/10.1270/JSBBS1951.41.73>. – Date of access: 01.11.2020.
8. Karpavičienė, B. Chromosome numbers of *Allium* from Lithuania / B. Karpavičienė // Annales Botanici Fennici. – 2007. – № 44. – P. 345–352.
9. Павлова, И. В. Гомология в строении растений стрелкующей и нестрелкующей форм чеснока (*Allium sativum* L.) [Электронный ресурс] / И. В. Павлова, Н. П. Купреенко, Е. Г. Царева // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, № 2. – С. 175–187. – Режим доступа: <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-2-175-187>. – Дата доступа: 01.12.2020.
10. Флора Беларуси. Сосудистые растения : в 6 т. / Д. В. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск : Беларус. навука, 2017. – 574 с.

11. Blattner, F. Molecular markers in Allium: range of application, reliability and taxonomic implications [Electronic resource] / F. Blattner, D. Fischer, R. Friesen / International Symposium on Molecular Markers for Characterizing Genotypes and Identifying Cultivars in Horticulture. – 2000. – P. 159–163. – Mode of access: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.546.15>. – Date of access: 01.11.2020.

12. Каталог сортов РУП «Институт овощеводства», раздел луковые овощные культуры, описание сорта ярового чеснока Ярвинит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://belniio.by/portfolio-items/chesnok_yarvinit. – Дата доступа: 01.11.2020.

13. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. [Электронный ресурс]. – И. В. Медведева (предс. ред. кол.). – Минск, 2020. – С. 173. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/3a9/3a9942589996c1bd248d5b05512fd7d7.pdf>. – Дата доступа: 28.09.2022.

14. Купреенко, Н. П. Результаты и перспективные направления исследований с луковыми культурами в Республике Беларусь [Электронный ресурс] / Н. П. Купреенко // *Овощи России*. – 2021. – № 3. – С. 29–33. – Режим доступа: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-29-33>. – Дата доступа: 28.09.2022.

15. Khanal, M. *Curtobacterium allii* sp. nov., the actinobacterial pathogen causing onion bulb rot. [Электронный ресурс] / Khanal, M., Bhatta, B.P., Timilsina, S. // *Antonie van Leeuwenhoek*. – 2022. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s10482-022-01775-z>. – Дата доступа: 28.09.2022.

Поступила в редакцию 14 ноября 2022 г.

I. V. Pavlova, G.V. Ermolenkova, M. L. Romanova

APPLICATION OF ALLIUM-TYPE APOMIXIS IN SISTEMATICS AND BREEDING OF ONION CROPS IN BELARUS

SUMMARY

Comparison of studies of Allium-type apomixis in onions, the level of ploidy of onion species of the Belarusian flora due to the presence of air bulblits in the inflorescence led to the conclusion that apomixis plays a role in the development of onion species and its underutilized in the breeding and seed production of onion. This concerns the possibility of obtaining linear material similar to the mother plant in apomictic forms, by analogy with Allium tuberosum Rottl., for hybrid breeding.

This paper shows that the combination of warm winter storage, seedling method and selection in the cultivation of spring garlic in Smolevichi district allows to get larger bulbs next year and increase the number of large bulbs in the crop, compared with planting cloves in the ground in spring, which may reflect clinal variability.

Key words: bulbs; spring garlic; onion species; flora of Belarus; Allium-type apomixis; clinal variability.

А. М. Пашкевич, аспирант, заведующий сектором бобовых
овощных культур

РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

РАЗВИТИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА ГОРОХА ОВОЩНОГО В КУЛЬТУРЕ МИКРОЗЕЛЕНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследования формирования листового аппарата микрозеленью гороха овощного в зависимости от интенсивности светодиодного освещения – 50, 100, 150, 200 и 250 мкмоль/м²·с. При оценивании длины и ширины листочка, расчетывании индекса и площади листочка, а также площади совокупной листовой поверхности на 10-е сутки выращивания микрозелени установлено, что наиболее сформированными листочками обладали образцы гороха овощного, выращиваемые под светодиодным освещением с интенсивностью 100 мкмоль/м²·с, в то время как меньшими биометрическими показателями листового аппарата микрозелени обладали растения, выращиваемые при контрольной интенсивности 200 мкмоль/м²·с и опытных интенсивностях 50 и 150 мкмоль/м²·с.

Ключевые слова: микрозелень; горох овощной; светодиодное освещение; интенсивность светодиодного освещения; биометрические показатели листового аппарата.

ВВЕДЕНИЕ

Микрозелень (Microgreens) – это новый класс съедобных специализированных растений, определяемых как нежная незрелая зелень, произведенная из семян овощей, трав или зерновых культур, включая дикие виды [1]. В зависимости от вида и условий выращивания микрозелень обычно собирают на уровне почвы, то есть у основания гипокотилей, после появления первой пары настоящих листьев, когда семядоли полностью расширены, обычно в течение 7–21 дня после прорастания семян в зависимости от вида растения [2]. Новая идея микрозелени возникла в конце 1980-х гг. в Сан-Франциско (Калифорния), и с тех пор она активно воплощается в практику в других западных и азиатских странах, особенно в последние два десятилетия, благодаря насыщенным цветам, тонким структурам, уникальным свойствам, улучшающим вкус гарниров (использование микрозелени при приготовлении салатов, бутербродов, супов, десертов и напитков), а также из-за повышенного содержания в микрозелени фитонутриентов и ее биоактивной ценности [3, 4].

Обычно микрозелень потребляется в сыром виде, так как сохраняются все полезные свойства, благодаря чему данный класс органической продукции

относится к категории «функциональных продуктов». Помимо основной функции обеспечения питательными веществами, она обладает свойствами, способствующими укреплению здоровья [1]. Зарубежные исследователи – Pinto, Xiao и другие выявили, что микрозелень содержит большое количество фитонутриентов (аскорбиновая кислота, β -каротин, α -токоферол и филлохинон) и минералов (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se и Mo), а также более низкое содержание нитратов по сравнению с их аналогами из зрелых листьев, плодов и семян. Вместе с тем микрозелень отличается от проростков, несмотря на то, что оба продукта употребляются в незрелом состоянии [4]. Проростки, как правило, выращиваются в темных, насыщенных влажностью условиях, способствующих распространению микробов, и их потребление, в отличие от микрозелени, связано со вспышками пищевых отравлений микробного происхождения [5]. В основном в микрозелени используются виды, принадлежащие семействам *Brassicaceae*, *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Amarillydaceae*, *Amaranthaceae*, *Cucurbitaceae*. Особую популярность в качестве растений для производства микрозелени приобрели культуры семейства *Fabaceae* (Бобовые), особенно горох овощной. Из-за высокой питательной ценности, обилия минералов и вторичных метаболитов, микрозелень гороха стала ценным компонентом основных функциональных продуктов питания [6]. Она имеет огромное продовольственное значение, обеспечивая людей необходимыми для жизни биохимическими компонентами: «медленными» углеводами с низким гликемическим индексом, витаминами группы B, C, E, липидами, белком, солями фосфора, калия, кальция, магния [7–9].

Вместе с тем микрозелень выращивается в закрытых контролируемых условиях (CEA, controlled-environment agriculture) [10], в которых свет является одним из наиболее важных факторов для растений, поскольку он представляет собой не только источник энергии для фотосинтеза, но и сигнал для множества физиологических реакций. Качество света (длина волны), продолжительность (фотопериод) и, самое важное, количество света (интенсивность) являются ключевыми компонентами условий освещения [11]. Наиболее перспективная производственная стратегия микрозелени – круглогодичное поступление данного функционального продукта потребителю на постоянной основе – заключается в использовании искусственного освещения, особенно актуального для нашей широты, обеспеченной в октябре – феврале только на 25 % от интеграла дневного света на открытом воздухе. Исходя из этого, и в нашей стране, и во всем мире использование искусственных светодиодных источников света в культуре микрозелени ведется в направлении поиска оптимальных режимов освещения, обеспечивающих как высокий биохимический состав, так и высокие продукционно-биометрические характеристики данного продукта [12–16]. Однако в зарубежной литературе встречается крайне ограниченное количество информации об интенсивности светодиодного освещения при выращивании микрозелени, а в отечественной литературе эти данные отсутствуют вовсе. Сдерживающим фактором получения микрозелени является недостаточная изученность вопроса режимов освещения как

во всем мире, так и в нашей стране: в Республике Беларусь исследования по данному вопросу ранее не проводились. По этой причине целью наших исследований явилось изучение влияния интенсивности искусственного освещения на основе светодиодов на морфобиометрические показатели листового аппарата микрозелени гороха овощного.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнялись на образцах микрозелени гороха овощного (сорт Павлуша), семена которого отбирались из существующей коллекции генетических ресурсов овощных культур РУП «Институт овощеводства». Предварительно была определена лабораторная всхожесть и энергия прорастания отобранных семян лабораторным методом для исключения фактора использования посевного материала с низкими кондиционными показателями. Установленная всхожесть находилась на уровне 95–98 %, энергия прорастания – 93–97 %. Посевной материал гороха овощного промывался и выдерживался в отстоянной воде (комнатной температуры +22 °С, pH – 7,7, содержание хлора – не более 1,1 мг/л) в течение 12 часов. Перед посевом семена дезинфицировались 3 %-м раствором перекиси водорода и снова промывались, посев выполнялся сплошным методом из расчета 120 шт. семян на делянку. Полив осуществлялся через сутки по 60 мл на делянку отстоянной водопроводной водой ранее указанных характеристик.

Культивирование микрозелени проводилось в полипластовых поддонах (179×132 мм, объемом 750 мл), стерилизуемых 96 %-м этиловым спиртом. В качестве грунта для выращивания использовался подготовленный торфяной субстрат, проавтоклавированный в паровом автоклаве ВК-75-01 (время стерилизационной выдержки – 20 мин. при температуре 132 ± 2 °С и давлении 0,1 МПа). Опыты закладывались в 3-кратной повторности в три цикла выращивания. Расположение делянок случайное (рэндомизированное), размер одной делянки составлял 237 см² (17,9×13,2 см), площадь под одним вариантом – 0,4 м².

Выращивание опытных растений осуществлялось в условиях светокультуры в фитотроне, оснащенном облучательной фитоустановкой стеллажного типа FLORA LED 300/2/4 разработки и производства Государственного научно-производственного унитарного предприятия «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси». Установка была оснащена десятью светодиодными светильниками ДСП08-3×12-004 УХЛ4. Растения выращивались при пяти значениях интенсивности светодиодного освещения – 50, 100, 150, 200 и 250 мкмоль/м²·с. В качестве контроля принималась интенсивность, равная 200 мкмоль/м²·с, рекомендуемая ООО «Институт Гипронисельпром» Министерства сельского хозяйства РФ в качестве оптимальной для зеленных и рассады ряда овощных культур [17].

Биометрические измерения длины и ширины листочка, подсчет индекса листочка выполнялись по общепринятой методике [18], определение площади листочков, а также площади совокупной листовой поверхности проводилось

путем сканирования листовых пластин с использованием программного средства APFill Ink Toner Coverage Meter 5.8 [19]. Все измерения и определения осуществлялись в 3-кратной повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований с использованием программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistika [20, 21].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценивание развития листового аппарата микрозелени гороха овощного сорта Павлуша велось с 5-х суток выращивания, то есть времени, когда листовые пластинки разворачивались и предоставлялось возможным измерить длину и ширину листочка, а также оценить его индекс и площадь. Ввиду того, что для гороха овощного характерны парноперистые 2-х–3-листочковые листья, была проведена отдельная оценка 1-го, 2-го и 3-го листочков по вышеуказанным параметрам, а также была определена площадь совокупной листовой поверхности со всего опытного растения (табл. 1).

На 5-е сутки выращивания микрозелени были установлены несущественные различия по площади совокупной листовой поверхности во всех вариантах опыта по сравнению с контролем, а также не было установлено достоверного влияния светодиодного освещения на развитие листового аппарата в течение первых 5-ти суток выращивания (отсутствовали статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$). Воздействие интенсивности освещения на площадь листа и различия по площади совокупной листовой поверхности начали появляться в культуре микрозелени среди растений гороха овощного на 6-е сутки выращивания, все ярче проявляясь с каждым последующими сутками выращивания (см. табл. 1). Лидирующее положение по исследуемому признаку на протяжении 6-х и 7-х суток выращивания принадлежало образцам с интенсивностью светодиодного освещения, равной $150 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$, а начиная с 8-х суток и до сбора урожая (10-е сутки) лидирующее положение заняли образцы с интенсивностью освещения в $100 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ (рис.).

На 10-е сутки выращивания микрозелени наиболее сформированными листочками обладали образцы гороха овощного, выращиваемые под светодиодным освещением с интенсивностью $100 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$, для которых была характерна площадь 1-го, 2-го и 3-го листочков, равная $427,3 \pm 7,9 \text{ мм}$, $716,0 \pm 6,4$ и $632,7 \pm 12,1 \text{ мм}$ соответственно. Меньшие биометрические показатели листового аппарата микрозелени показали опытные растения, выращиваемые при контрольной интенсивности $200 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ и опытных интенсивностях 50 и $150 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ (табл. 2). Было отмечено, что преимущество по площади отдельных листочков коррелировало с преимуществом по площади совокупной листовой поверхности гороха овощного.

Сопоставление биометрических показателей листового аппарата опытных образцов микрозелени гороха овощного на момент сбора урожая (10-е сутки) показало существенные различия при разной интенсивности светодиодного

Таблица 1 – Площадь совокупной листовой поверхности микрозелени гороха овощного при разной интенсивности освещения, мм²

Интенсивность освещения, мкмоль/м ² ·с	5-е сутки		6-е сутки		7-е сутки		8-е сутки		9-е сутки		10-е сутки	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>
200 – контроль	101,0 ± 0,1	–	270,1 ± 0,1	–	400,2 ± 0,1	–	540,1 ± 0,2	–	720,3 ± 0,1	–	920,3 ± 0,1	–
50	100,1 ± 0,1	–1,2	360,4 ± 0,1	11,3*	540,7 ± 0,2	8,7*	660,8 ± 0,2	4,2*	840,4 ± 0,2	6,2*	980,4 ± 0,2	3,1*
100	102,1 ± 0,1	10,8*	610,0 ± 0,1	44,7*	960,3 ± 0,2	23,5*	1160,6 ± 0,3	19,2*	1500,2 ± 0,1	51,4*	1730,6 ± 0,2	29,7*
150	101,1 ± 0,1	1,6	620,4 ± 0,1	67,1*	970,6 ± 0,3	21,1*	1020,3 ± 0,1	22,5*	1240,8 ± 0,2	21,2*	1340,4 ± 0,2	17,9*
250	101,0 ± 0,1	1,9	430,3 ± 0,1	13,9*	640,2 ± 0,2	10,9*	730,4 ± 0,2	6,7*	920,2 ± 0,1	21,7*	1140,4 ± 0,2	8,8*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с контролем при *p* < 0,05.

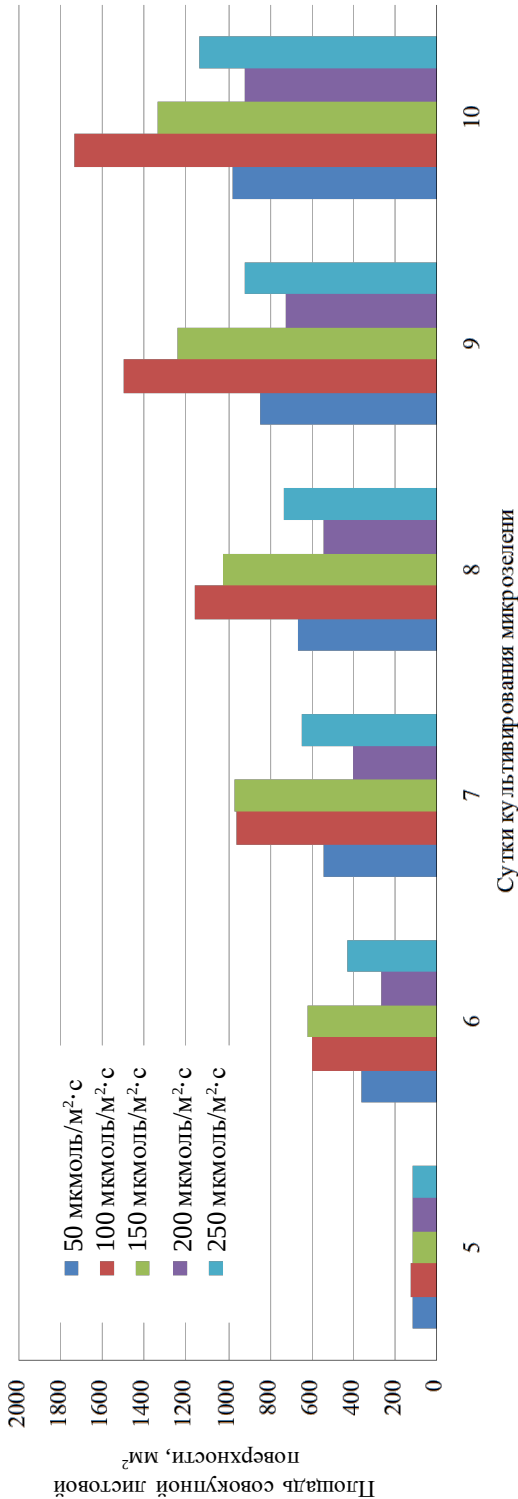


Рисунок – Площадь совокупной листовой поверхности микрозелени гороха овощного при разной интенсивности светодиодного освещения

Таблица 2 – Биометрические показатели листового аппарата микрозелени гороха овощного на 10-е сутки выращивания при разной интенсивности светодневного освещения

Интенсивность освещения, мкмоль/м ² ·с	Длина (d), мм		Ширина (l), мм		Индекс, d/l		Площадь, мм ²	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
1-й листочек								
200 – контроль	8,1 ± 0,1	–	7,1 ± 0,1	–	1,1 ± 0,1	–	212,7 ± 1,8	–
50	10,1 ± 0,1	16,5*	5,1 ± 0,1	–17,3*	2,0 ± 0,1	21,0*	243,7 ± 7,4	3,4*
100	9,2 ± 0,1	9,2*	6,8 ± 0,3	–1,1	1,4 ± 0,1	3,0	427,3 ± 7,9	25,0*
150	9,0 ± 0,1	7,9*	6,1 ± 0,1	–8,7*	1,5 ± 0,1	11,8*	257,3 ± 11,8	3,4*
250	9,1 ± 0,1	7,8*	5,1 ± 0,1	–17,3*	1,8 ± 0,1	16,5*	244,0 ± 8,7	3,0*
2-й листочек								
200 – контроль	7,2 ± 0,1	–	5,2 ± 0,1	–	1,4 ± 0,1	–	427,0 ± 6,4	–
50	9,1 ± 0,1	11,0*	6,1 ± 0,1	3,2*	1,5 ± 0,1	2,6	458,0 ± 3,5	2,8*
100	10,1 ± 0,1	14,6*	8,2 ± 0,1	11,8*	1,2 ± 0,1	–2,1	716,0 ± 6,4	22,7*
150	9,2 ± 0,1	9,9*	7,0 ± 0,1	7,4*	1,3 ± 0,1	–0,8	469,0 ± 9,6	2,9*
250	10,2 ± 0,1	14,7*	10,2 ± 0,1	20,2*	1,1 ± 0,1	–7,6*	556,3 ± 16,7	6,5*
3-й листочек								
200 – контроль	9,0 ± 0,1	–	7,1 ± 0,1	–	1,3 ± 0,1	–	314,0 ± 5,0	–
50	9,1 ± 0,1	3,5*	8,2 ± 0,1	6,2*	1,1 ± 0,1	–4,2*	416,3 ± 6,9	8,8*
100	10,0 ± 0,1	9,5*	10,0 ± 0,1	20,8*	1,0 ± 0,1	–12,8*	632,7 ± 12,1	21,1*
150	9,1 ± 0,1	2,9*	9,0 ± 0,1	13,3*	1,0 ± 0,1	–10,6*	641,7 ± 13,4	20,2*
250	9,1 ± 0,1	7,3*	10,2 ± 0,1	19,0*	1,0 ± 0,1	–13,7*	536,0 ± 21,2	9,5*

* Статистически значимые по t-критерию Стьюдента различия с контролем при $p < 0,05$.

освещения. Как следует из таблицы 2, для 1-го листочка, который формируется до 5-ти суток культивирования, отмечено снижение ширины листовой пластинки на всех интенсивностях освещения, а для 2-го и 3-го листочков, которые формируются к 7-м суткам культивирования, отмечено увеличение численных листовых характеристик, что еще раз указывает на влияние интенсивности светодиодного освещения на микрозелень гороха овощного только с 5-ти суток выращивания.

Численное выражение выявленных относительных различий по совокупности анализируемых признаков (длина, ширина, индекс, площадь листочка, площадь совокупной листовой поверхности) микрозелени гороха овощного варьировало от 175,1 при 50 мкмоль/м²·с светодиодном освещении до 410,5 при 100 мкмоль/м²·с светодиодном освещении, что свидетельствовало о влиянии исследуемого фактора на биометрические показатели листа микрозелени гороха, особенно во втором случае (100 мкмоль/м²·с) (табл. 3). При этом во всех вариантах опыта в биометрических показателях листового аппарата было установлено доминирование относительных размеров позитивных сдвигов над негативными, что свидетельствовало об улучшении количественных характеристик по сравнению с контролем, в качестве которого был принят вариант с освещением 200 мкмоль/м²·с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного анализа развития листового аппарата гороха овощного в культуре микрозелени в зависимости от интенсивности светодиодного освещения были установлены

Таблица 3 – Относительные различия биометрических показателей листового аппарата опытных образцов микрозелени гороха овощного на 10-е сутки выращивания при разной интенсивности светодиодного освещения с контрольной интенсивностью светодиодного освещения 200 мкмоль/м²·с, %

Интенсивность освещения, мкмоль/м ² ·с	1-й листочек				2-й листочек				3-й листочек				Совокуп- ный эффект
	Длина	Ширина	Индекс	Площадь	Длина	Ширина	Индекс	Площадь	Длина	Ширина	Индекс	Площадь	
50	+24,7	-28,2	+81,8	+14,6	+26,4	+14,7	–	+7,3	+1,1	+15,5	-15,4	+32,6	+175,1
100	+13,6	–	–	+100,9	+40,3	+57,7	–	+67,7	+11,1	+40,8	-23,1	+101,5	+410,5
150	+11,1	-14,1	+36,4	+44,6	+27,7	+34,6	–	+8,9	+1,1	+26,8	-23,1	+104,4	+258,4
250	+12,3	-28,2	+63,6	+14,7	+41,6	+49,0	-21,4	+30,3	+1,1	+43,7	-23,1	+70,7	+254,3

многочисленные положительные различия биометрических показателей опытных растений по сравнению с контрольной интенсивностью светодиодного освещения 200 мкмоль/м²·с, что позволило установить оптимальную интенсивность для формирования листового аппарата, равную 100 мкмоль/м²·с.

Список использованных источников

1. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens / Z. Xiao [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2012. – Vol. 60. – P. 7644–7651.
2. Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HMRSⁿ / J. Sun [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2013. – Vol. 61. – P. 10960–10970.
3. Microgreens: A new specialty crop : conf. paper / D. Treadwel [et al.] // University of Florida, 2010. – P. 1164.
4. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens / M. C. Kyriacou [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. – 2016. – Vol. 57. – P. 103–115.
5. Ebert, A. W. Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia : conf. paper from the SEAVEG, 24–26 Jan. 2012 / A. W. Ebert. – Chiang Mai, 2012. – P. 216–227.
6. Small-seeded legumes as a novel food source. Variation of nutritional, mineral and photochemical profiles in the chain: raw seeds-sprouted seeds-microgreens / B. Butkutė [et al.] // *Molecules*. – 2019. – Vol. 24. – P. 1–18.
7. Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes / M. C. Vaz Patto [et al.] // *Critical reviews in plant sciences*. – 2015. – Vol. 34, №. 1–3. – P. 105–143.
8. Путина, О. В. Углеводный состав семян и его связь с другими селекционно значимыми признаками у овощного гороха (*Pisum sativum* L.) в условиях Краснодарского края / О. В. Путина, С. В. Бобков, М. А. Вишнякова // *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – Т. 53. – № 1. – С. 179–188.
9. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens / Z. Xiao [et al.] // *Postharvest Biology and Technology*. – 2015. – Vol. 110. – P. 140–148.
10. Turner, E. R. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life / E. R. Turner, Y. Luo, R. Buchanan // *Journal of Food Science*. – 2020. – Vol. 85 (4). – P. 870–882.
11. Different Microgreen Genotypes Have Unique Growth and Yield Responses to Intensity of Supplemental PAR from Light-emitting Diodes during Winter Greenhouse Production in Southern Ontario, Canada / J. Chase [et al.] // *Scientia Horticulturae*. – 2020. – Vol. 55. – P. 156–163.
12. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens / X. Zhang [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. – 2020. – Vol. 99. – P. 1–15.
13. Blue and Red LED Illumination Improves Growth and Bioactive Compounds Contents in Acyanic and Cyanic *Ocimum basilicum* L. Microgreens / A. Lobiuc [et al.] // *Molecules*. – 2017. – Vol. 22 (2111). – P. 1–14.

10. Changes in mineral element content of microgreens cultivated under different lighting conditions in a greenhouse / A. Brazaitytė [et al.] // *Acta Horticulturae*. – 2018. – Vol. 1227. – P. 507–516.

11. Comparison of LED and HPS illumination effects on cultivation of red pak choi microgreens under indoors and greenhouse conditions / A. Brazaitytė [et al.] // *Acta Horticulturae*. – 2020. – Vol. 1287. – P. 395–402.

16. Growth and morphology responses to narrow-band blue light and its co-action with low-level UVB or green light: A comparison with red light in four microgreen species / K. Yun [et al.] // *Environmental and Experimental Botany*. – 2020. – Vol. 178 (104189). – P. 1–11.

17. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы / А. А. Тихомиров [и др.]. – Новосибирск : Изд. Сиб. отд. РАН, 2000. – 213 с.

18. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

19. Дмитриев, Н. Н. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии / Н. Н. Дмитриев, Ш. К. Хуснидинов // *Вестн. КрасГАУ*. – 2016. – № 7. – С. 88–93.

20. Боровиков, В. П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2003. – Изд. 2-е. – 686 с.

21. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели: учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия. – 2009. – 320 с.

Поступила в редакцию 18 ноября 2022 г.

A. M. Pashkevich

THE DEVELOPMENT OF THE LEAF APPARATUS OF GARDEN PEAS IN THE CULTURE OF MICROGREENS, DEPENDING ON THE INTENSITY OF LED LIGHTING

SUMMARY

The study results of the formation of the leaf apparatus by microgreens of garden peas, depending on the intensity of LED lighting – 50, 100, 150, 200 and 250 mcM/m²·sec. When estimating the length and width of the leaf, calculating the index and the area of the leaf, as well as the area of the total leaf surface on the 10th day of growing microgreens, it was found that the most formed leaves were samples of garden peas grown under LED lighting with an intensity of 100 mcM/m²·sec. While plants grown at an intensity of 200 mcM/m²·sec and experimental intensities of 50 and 150 mcM/m²·sec had lower biometric indicators of the microgreens leaf apparatus.

Key words: microgreens; garden peas; LED lighting; intensity of LED lighting; biometric indicators of the leaf apparatus.

А. М. Пашкевич, аспирант, заведующий сектором бобовых овощных культур

А. И. Чайковский, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор

Е. С. Досина-Дубешко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора по научной работе

О. В. Соловей, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий сектором капустных овощных культур

В. В. Халанькова, младший научный сотрудник

РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЙ ФАСОЛИ В ПИТОМНИКЕ КОНКУРСНОГО ИСПЫТАНИЯ

РЕЗЮМЕ

В питомнике конкурсного испытания было изучено и описано по фенологическим, биометрическим, хозяйственно ценным признакам и урожайности пять гибридных комбинаций восьмого поколения F_8 . Установлен широкий диапазон флуктуации высоты растения и прикрепления нижнего боба, количества бобов и семян с растения, массы семян с растения и 1 000 семян, урожайности зерна у исследуемых сортообразцов. На основании проведенных опытов были выделены по биометрическим признакам образцы Х-20 и М.П.-20, по хозяйственно ценным признакам – сортообразцы К-20 и А-20, по выходу товарного зерна и урожайности – сортообразцы А-20, К-20 и Х-20.

Ключевые слова: фасоль; селекционный образец; сортообразец; гибридная комбинация; биометрические признаки; высота растения; высота прикрепления нижнего боба; количество бобов с растения; количество семян с растения; количество семян в бобе; масса семян с растения; масса 1 000 семян; продуктивность; выход товарного зерна с делянки; урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Фасоль является ценной высокобелковой культурой, которая характеризуется отличными вкусовыми качествами и имеет многостороннее использование в пищевой промышленности. Сочетание высококачественного белка с сахаром, минеральными веществами и витаминами, а также высокая калорийность придают этой культуре особую ценность как пищевому, так и лечебному продукту. По количеству содержащихся белков фасоль приближается к мясу и превосходит рыбу. В мясе, например, содержится 20–22 % белков, в рыбе – 18–19, а в отдельных сортах фасоли – 32 %. Белки бобового растения легко растворяются в воде, растворах нейтральных солей, слабых

растворах щелочей, образуя фракции, которые хорошо усваиваются организмом. Усвояемость белка фасоли в зависимости от кулинарной обработки может достигать до 87 % и выше, покрывая полностью потребность организма в нем. В состав фасоли входит до 30 аминокислот, что указывает на исключительную биологическую ценность бобового как продовольственной культуры [1]. Также установлено, что 1 га, засеянный фасолью, производит 123 кг белка по сравнению с 3–4 кг белка от мясного скота на одинаковом количестве земли [2].

Несмотря на все преимущества фасоли как пищевого продукта, во всем мире наблюдается медленное, но неуклонное снижение ее потребления как в развитых, так и в развивающихся странах. Причинами такого снижения, с одной стороны, являются отношение к данной культуре как к «белку для бедных», отсутствие осведомленности о ее пользе, невысокая привлекательность и длительность приготовления, с другой – производство фасоли носит ограниченный характер из-за отсутствия высокопродуктивных сортов, устойчивых к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям (абиотические факторы) и с позиции фитосанитарии (биотические факторы) [3]. В связи с этим перед селекционерами стоят задачи, в первую очередь, повышения продуктивности растений, а во вторую – ее сочетания с устойчивостью к абиотическим и биотическим условиям среды. Коллективом сектора бобовых овощных культур ранее проводились комплексные исследования и были выделены образцы фасоли по прохождению межфазных периодов, урожайности, адаптивному потенциалу, устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам на основании комплексной морфобиохимической оценки растений и молекулярно-генетическому маркированию геномов. Выделенные сортообразцы были использованы в предыдущем и текущем годах исследований для изучения комплекса хозяйственно ценных признаков и получения семенного материала. Также третьей задачей перед селекционерами встает необходимость сочетания в продуктивных и устойчивых сортообразцах высокой технологичности, то есть способности фасоли к обмолту зерна с минимальными потерями. По этой причине нами велась оценка ранее отобранных гибридных комбинаций фасоли как по продуктивности, так и по биометрическим характеристикам ростовых показателей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты проводились согласно общепринятым методическим рекомендациям и методикам в 2022 г. [4, 5]. Закладку конкурсного питомника, проведение фенологических наблюдений, биометрических измерений, описание по морфологическим признакам и учет продуктивности осуществляли в соответствии с методическими указаниями [6–8]. Статистическая обработка данных выполнялась с использованием ЭВМ, программ Microsoft Excel и Statistica [10, 11].

Опытные деланки были заложены на участке овощного севооборота на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями пахотного (0–25 см) слоя почвы: гумус – 2,2–2,4 %,

pH_{KCl} – 6,3–6,7, подвижные формы калия и фосфора – соответственно 186–525 и 217–321 мг/кг воздушно-сухой почвы. Система обработки учитывала биологические особенности бобовых культур, гранулометрический состав почвы и погодно-климатические условия. Основная обработка почвы проводилась на глубину пахотного слоя. Для сохранения почвенной влаги выполнялась культивация ранней весной. Рыхление и выравнивание поверхности осуществлялось с использованием комбинированных агрегатов. Все опыты были заложены согласно методике мелкоделяночным способом, в 4-кратной повторности для каждого образца, на гребнях. Протравливание семенного материала, внесение препаратов против сорной растительности и средств защиты растений были исключены ввиду получения достоверных результатов опытов. Борьба с сорной растительностью, уборка и доработка семян опытных образцов осуществлялась ручным способом.

В период вегетации проводились фенологические наблюдения за ростом и развитием растений: фиксировались даты сева, начала (10 %) и массового появления всходов (75), начала цветения (10) и массового цветения (75), даты наступления потребительской спелости (75) и наступления биологической спелости зерна у основной массы бобов (75 %). Была рассчитана длина вегетационного периода до биологической спелости, всхожесть и выживаемость растений. Биометрические учеты проводились в фазу биологической спелости по следующим признакам: высота растения, высота от поверхности почвы до кончика нижнего боба, количество листьев. Продуктивность селекционных образцов определялась в период биологической спелости по таким показателям, как количество бобов с растения, количество семян в бобе, количество семян с растения, масса семян с растения, масса 1 000 семян.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для посева были отобраны качественные семена пяти гибридных комбинаций восьмого поколения F_8 (рис.), выделенных ранее по результатам исследований в 2018 г. (ГПНИ «Качество и эффективность агропромышленного производства», 2016–2020 годы, подпрограмма «Земледелие и селекция», задание 6.32) для конкурсного питомника, всхожесть которых составляла 98–100 % (табл. 1).

Продолжительность периода «посев – всходы» в питомнике конкурсного испытания составила 12 дней, «всходы – начало цветения» – 46–50, «всходы – техническая спелость» – 65–70 дней. Изучаемые селекционные образцы фасоли относятся к средней группе спелости. Были определены биометрические показатели данных образцов. В питомнике конкурсного испытания растения фасоли достигали высоты 45,0–100,2 см, высота прикрепления нижнего боба приходилась на 6,0–10,0 см, количество сформированных листьев – 24,0–32,4 шт. (табл. 2).

Исходя из установленных ростовых показателей конкурсных сортообразцов фасоли можно сделать вывод, что все образцы характеризовались средней степенью облиственности, высокорослыми показали себя А-20 и Х-20,

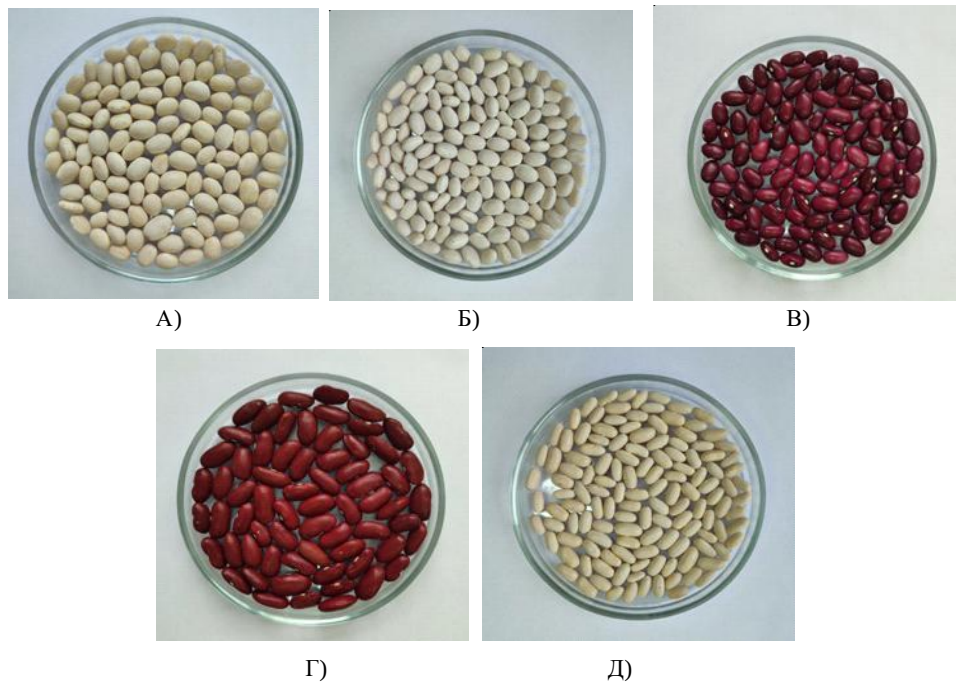


Рисунок – Зерно конкурсных образцов фасоли: А) М.П.-20; Б) Х-20; В) А-20; Г) К-20; Д) St. Зничка

Таблица 1 – Селекционные образцы фасоли в питомнике конкурсного сортоиспытания

Образец	Гибридная комбинация	Исходные формы
M.П-20	<i>h13-13-6-3-10</i>	Паланочка (Co ₆₀) × Секунда (Co ₆₀)
A-20	<i>h22-13-44-5-49</i>	Триумф сахарный (лазер) × Секунда (лазер)
X-20	<i>h22-13-38-8-41</i>	Триумф сахарный (лазер) × Секунда (лазер)
K-20	<i>h22-13-40-4-44</i>	Триумф сахарный (лазер) × Секунда (лазер)
St. Зничка	—	—

Таблица 2 – Биометрические характеристики ростовых показателей сортообразцов фасоли в питомнике конкурсного сортоиспытания

Образец	Высота растения, см		Высота прикрепления нижнего боба, см		Количество листьев, шт.	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
М.П.-20	$50,1 \pm 1,9$	21,3*	$7,0 \pm 1,3$	2,9*	$32,4 \pm 3,5$	17,2*
А-20	$100,2 \pm 3,1$	11,9*	$6,4 \pm 1,2$	4,6*	$28,4 \pm 4,1$	15,8*
Х-20	$90,0 \pm 2,1$	17,4*	$10,0 \pm 1,6$	4,6*	$24,0 \pm 2,7$	12,7*
К-20	$45,0 \pm 3,8$	43,4*	$6,2 \pm 1,4$	7,8*	$30,5 \pm 3,8$	14,3*
St. Зничка	$45,1 \pm 2,3$	26,9*	$6,0 \pm 0,9$	4,6*	$28,2 \pm 1,7$	8,6*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия со стандартом при $p < 0,05$.

в то время как М.П.-20, К-20 и St. Зничка являлись среднерослыми сортообразцами. По высоте прикрепления нижнего боба, которая отражает пригодность фасоли к механизированному обмолоту, лидировали образцы Х-20 и М.П.-20, для которых численное выражение данного показателя приходилось на 10,0 и 7,0 см. Остальные два конкурсных и контрольный образцы показывали прикрепление нижнего боба приблизительно на одинаковом уровне – 6,0–6,4 см. В результате оценки ростовых показателей нами выделены образцы Х-20 и М.П.-20.

При анализе хозяйственно полезных признаков конкурсных сортообразцов фасоли были установлены следующие особенности их проявления. Так, количество сформированных бобов достоверно коррелировало с количеством семян в бобе ($r = 0,81$) и с количеством семян с растения ($r = 0,76$), а масса семян с растения коррелировала с массой 1 000 семян ($r = 0,84$). В численном выражении количество бобов с растения у всех изученных образцов было ниже, чем у стандартного сорта комплексного назначения на 9,6–23,3 шт., что впоследствии повлияло на численное выражение количества семян в бобе и количества семян с растения. Очевидно, что по количеству бобов с растения, количеству семян в бобе и с растения, массе семян с растения и массе 1 000 семян абсолютным лидером показал себя образец К-20. Также одним из лидирующих сортообразцов по совокупности перечисленных признаков являлся образец фасоли А-20. Что касается образцов М.П.-20 и Х-20, то они уступали контролю Зничка по всем показателям, кроме массы 1 000 семян, и численное выражение хозяйственно ценных характеристик у них находилось на практически одинаковом уровне (табл. 3). Исходя из вышесказанного, в конкурсном питомнике по хозяйственно ценным признакам были выделены сортообразцы К-20 и А-20.

Также был оценен средний выход товарного зерна с делянки (оценивали по четыре опытные делянки для каждого образца по 1 м² каждая) и урожайность селекционных образцов фасоли овощной питомника конкурсного испытания, которая выразилась в урожайности зерна с 1 га и в прибавке урожайности к стандарту (табл. 4). Как видно, выход товарного зерна находился в интервале 64,8–82,0 %, урожайность зерна – 3,1–8,7 т/га. Все конкурсные сортообразцы превзошли стандартный сорт Зничка по урожайности на 1,9–5,6 т/га, или на 160,0–280,6 %. Таким образом, по выходу товарного зерна и урожайности нами были выделены сортообразцы А-20, К-20 и Х-20.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из комплексной продукционно-биометрической оценки пяти гибридных комбинаций восьмого поколения F₈ фасоли, были выделены в питомнике конкурсного испытания перспективные сортообразцы: Х-20 (h22-13-38-8-41 (исходная форма Триумф сахарный (лазер) × Секунда (лазер)), К-20 (h22-13-40-4-44 (исходная форма Триумф сахарный (лазер) × Секунда (лазер)) и А-20 (h22-13-44-5-49 (исходная форма Триумф сахарный (лазер) × Секунда (лазер))), которые будут заложены на производственное испытание для определения претендента для передачи на государственное испытание.

86
Таблица 3 – Хозяйственно полезные характеристики сортообразцов фасоли в питомнике конкурсного сортоиспытания

Образец	Количество бобов с растения, шт.		Количество семян в бобе, шт.		Количество семян с растения, шт.		Масса семян с растения, г		Масса 1 000 семян, г	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>
М.П.-20	21,3 ± 4,7	44,6*	6,0 ± 0,7	2,8*	112,3 ± 14,6	27,1*	44,8 ± 6,7	6,3*	400,4 ± 18,9	68,2*
А-20	31,3 ± 8,6	16,8*	6,1 ± 0,1	4,7*	137,1 ± 24,7	4,8*	64,4 ± 3,2	14,2*	470,0 ± 19,0	53,1*
Х-20	28,5 ± 7,3	8,6*	6,2 ± 0,4	11,6*	119,7 ± 18,6	6,4*	47,8 ± 4,1	14,7*	404,6 ± 14,2	57,0*
К-20	35,0 ± 6,5	7,4*	7,4 ± 0,6	13,3*	171,5 ± 19,3	5,1*	123,5 ± 2,7	13,1*	722,1 ± 27,8	48,6*
St. Зничка	44,6 ± 5,3	4,1*	7,0 ± 1,1	4,7*	218,5 ± 18,7	14,3*	54,6 ± 4,4	9,8*	250,0 ± 17,0	16,9

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия со стандартом при *p* < 0,05.

Таблица 4 – Выход товарного зерна и урожайность сортообразцов фасоли в питомнике конкурсного сортоиспытания

Образец	Выход товарного зерна с делянки, %		Урожайность зерна, т/га		Прибавка к стандарту	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	т/га	%
М.П.-20	66,3 ± 3,4	12,8*	5,0 ± 1,2	6,8*	1,9	160,0
А-20	80,0 ± 1,6	24,9*	7,6 ± 0,8	9,1*	4,5	245,2
Х-20	82,0 ± 2,6	15,6*	7,0 ± 1,4	17,4*	3,9	225,8
К-20	78,5 ± 4,3	15,3*	8,7 ± 0,6	3,9*	5,6	280,6
St. Зничка	64,8 ± 5,7	7,9*	3,1 ± 1,1	11,2*	–	–

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия со стандартом при *p* < 0,05.

Список использованных источников

1. Пашкевич, А. М. Оценка коллекционных сортообразцов фасоли овощной по хозяйственным и биолого-морфологическим признакам / А. М. Пашкевич, Е. С. Досина-Дубешко // Овощеводство : сб. науч. тр. / РУП «Институт овощеводства» ; редкол.: А. И. Чайковский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 23. – С. 139–143.
2. Минюк, П. М. Фасоль / П. М. Минюк. – Минск : Ураджай. – 1991. – 96 с.
3. Phaseolus bean: Post-harvest operations. Organisation: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Author: A.L. Jones. Edited by AGSI / FAO: Danilo Mejia (Technical), Beverly Lewis (Language & Style) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-av015e.pdf>. – Дата доступа: 29.02.2018.
4. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / сост.: Н. И. Корсаков [и др.] ; ВАСХНИЛ, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. – Л. : ВИР, 1975. – 59 с.
5. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ культурных видов рода *Phaseolus* L. – Л., 1984. – 42 с.
6. Применение классификатора рода *Phaseolus* L. (Фасоль) : метод. указания / сост.: В. И. Буданова, Л. В. Лагутина ; под ред. Н. И. Корсакова. – Л., 1980. – 20 с.
7. Буданова, В. И. Изучение образцов мировой коллекции фасоли / В. И. Буданова, Т. В. Буравцева, Л. В. Лагутина. – Л., 1987. – 27 с.
8. Методические указания по селекции и первичному семеноводству овощных бобовых культур / В. А. Епиков [и др.] ; ВАСХНИЛ. – М., 1985. – 60 с.
9. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Фасоль обыкновенная *Phaseolus vulgaris* L., Офиц. бюл. / Гос. ком. РФ по испытанию и охране селек. достижений. – 1996. – № 6. – С. 482–503.
10. Боровиков, В. П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. П. Боровиков. – Изд. 2-е. – СПб. : Питер, 2003. – 686 с.
11. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели: учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия. – 2009. – 320 с.

Поступила в редакцию 29 ноября 2022 г.

**A. M. Pashkevich, A. I. Chaykovskiy, E. S. Dosina-Dubeshko,
O. V. Solovey, V. V. Halankova**

RESULTS OF THE STUDY OF HYBRID COMBINATIONS OF BEANS IN THE COMPARITIVE TESTING NURSERY

SUMMARY

In the comparative testing nursery, 5 hybrid combinations of the eighth generation F_8 were studied and described according to phenological, biometric, economic and yielding characteristics. A wide range of fluctuations was established in the height of the plant and the attachment height of the lower

bean, the number of beans and seeds from the plant, the mass of seeds from the plant and 1 000 seeds, the grain yield of the studied cultivars. Based on the conducted experiments, X-20 and M.II.-20 varieties were identified by biometric characteristics, K-20 and A-20 varieties by economic and price characteristics, and A-20, K-20 and X-20 varieties by the marketable grain output and yield.

Key words: beans; breeding sample; variety; hybrid combination; biometric characteristics; plant height; attachment height of the lower bean; number of beans from the plant; number of seeds from the plant; number of seeds in the bean; seed weight from the plant; weight of 1 000 seeds; productivity; output of commercial grain from the plot; yield.

А. М. Пашкевич¹, аспирант, заведующий сектором бобовых овощных культур

А. И. Чайковский¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор

Ж. А. Рупасова², член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией химии растений

Н. Б. Криницкая², научный сотрудник

В. С. Задаля², научный сотрудник

¹ РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

² ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И РАСТВОРИМЫХ САХАРОВ В МИКРОЗЕЛЕНИ ГОРОХА ОВОЩНОГО

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты сравнительного исследования генотипических особенностей накопления сухих веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот, растворимых сахаров, а также показателя сахарокислотного индекса в образцах микрозелени 10 сортов гороха овощного – Павлуша, Белорусский овощной, Преладо, Фея, Прометей, Воронежский зеленый, Радован, Торнадо, Куявяк, а также Слodyч, выбранного в качестве эталонного объекта. Установлено лидирующее положение в таксономическом ряду сорта Куявяк, характеризовавшегося превышением на 187 % эталонного уровня совокупности обозначенных показателей, тогда как наименьшими ее значениями, практически сопоставимыми с эталонными, был отмечен сорт Фея при отставании от последних на 14 % сорта Белорусский овощной.

Ключевые слова: горох овощной; сорта; микрозелень; сухие вещества; аскорбиновая и свободные органические кислоты; растворимые сахара; сахарокислотный индекс.

ВВЕДЕНИЕ

При производстве микрозелени овощных культур, в том числе гороха овощного, как источника широкого спектра полезных веществ, немаловажное значение обретают также вкусовые свойства данной продукции, в значительной степени определяемые соотношением содержания в ней органических кислот и растворимых сахаров. В связи с этим при выявлении наиболее перспективных сортообразцов этой культуры для производства микрозелени особое внимание следует уделить сравнительному исследованию содержания в ней

титруемых и аскорбиновой кислот, а также растворимых сахаров с определением показателя сахарокислотного индекса. С этой целью на базе коллекции сортообразцов гороха овощного в РУП «Институт овощеводства» было проведено исследование влияния генотипа растений на содержание в продукции микрорезели обозначенных соединений, что представляет особый научный и практический интерес.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Биохимические исследования выполнены в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси на образцах микрорезели 10 сортов гороха овощного, полученных в одинаковых контролируемых условиях в растительной комнате в июне 2022 г. на торфяном субстрате – Павлуша, Белорусский овощной, Преладо, Фея, Прометей, Воронежский зеленый, Радован, Торнадо, Куявяк и районированный сорт Слодыч, выбранный в качестве эталонного объекта.

В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание сухих веществ по ГОСТ 31640-2012 [1]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [2]; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [2]. В высушенных при температуре 60 °С пробах определяли содержание растворимых сахаров ускоренным полумикрометодом [3]. Все измерения и определения выполнены в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований [4], с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании результатов исследований установлена существенная зависимость определявшихся характеристик биохимического состава микрорезели гороха овощного от генотипа растений, что подтверждалось значительной шириной диапазонов их варьирования в таксономическом ряду. При этом содержание сухих веществ изменялось в интервале 8,0–13,6 % при весьма высоком содержании в сухой массе свободных органических и аскорбиновой кислот, составлявшем соответственно 5,65–10,46 %, 215,8–446,9 мг/100 г, а также растворимых сахаров, содержание которых изменялось от 4,00 до 7,33 % при соответствующих генотипических различиях показателя сахарокислотного индекса, определяемого соотношением количеств растворимых сахаров и титруемых кислот и варьировавшегося в интервале 0,4–1,3 (табл. 1).

Вместе с тем влияние сортовой специфики на исследуемые показатели микрорезели гороха оказалось весьма неоднозначным, что следует из таблицы 2. Так, наиболее высоким содержанием в ней сухих веществ, превышавшим таковое у эталонного сорта Слодыч на 10 %, был отмечен сорт Павлуша, тогда как для одной половины остальных тестируемых сортов были установлены на 16–36 % более низкие значения данного показателя, а для

Таблица 1 – Содержание органических кислот и растворимых сахаров в сухом веществе микрозелени сортов образцов гороха овощного

Таксон	Свободные органические кислоты, %		Аскорбиновая кислота, мг/100 г		Растворимые сахара, %		Сахарокислотный индекс	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<i>t</i>
Слодыч – эталон	6,31 ± 0,04	–	215,8 ± 1,2	–	4,83 ± 0,17	–	0,8 ± 0,01	–
Павлуша	5,81 ± 0,04	–8,4*	264,2 ± 7,2	6,7*	7,33 ± 0,17	10,6*	1,3 ± 0,02	12,7*
Белорусский овощной	6,91 ± 0,09	6,2*	227,8 ± 2,1	4,7*	4,83 ± 0,33	0	0,7 ± 0,02	–2,8*
Прелато	5,65 ± 0,04	–10,7*	243,3 ± 4,3	6,2*	6,67 ± 0,33	4,9*	1,2 ± 0,11	6,6*
Фея	10,46 ± 0,07	52,3*	302,3 ± 15,9	5,4*	4,00 ± 0,01	–5,0*	0,4 ± 0,02	–13,0*
Прометей	8,83 ± 0,07	31,8*	446,9 ± 21,3	10,8*	6,00 ± 0,03	7,0*	0,7 ± 0,01	–2,9*
Воронежский зеленый	5,85 ± 0,05	–7,1*	319,6 ± 15,4	6,7*	6,83 ± 0,17	8,5*	1,2 ± 0,04	8,9*
Радован	9,47 ± 0,12	24,1*	364,3 ± 13,9	10,6*	6,33 ± 0,17	6,4*	0,7 ± 0,01	–3,1*
Торнадо	6,53 ± 0,05	3,6*	342,7 ± 11,0	11,5*	6,83 ± 0,17	8,5*	1,0 ± 0,01	8,1*
Кузяк	6,20 ± 0,05	–1,6	400,3 ± 3,1	55,2*	7,33 ± 0,17	10,6*	1,2 ± 0,03	9,5*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с эталонным сортом при $p < 0,05$.

Таблица 2 – Относительные различия сортов образцов гороха овощного с эталонным сортом Слодыч по содержанию органических кислот и растворимых сахаров в сухом веществе микрозелени, %

Показатели	Павлуша	Белорусский овощной	Прелато	Фея	Прометей	Воронежский зеленый	Радован	Торнадо	Кузяк
Сухие вещества	+9,7	–16,1	–	–34,7	–34,7	–	–35,5	–	–
Свободные органические кислоты	–7,9	+9,5	–10,5	+65,8	+39,9	–7,3	+50,1	+3,5	–
Аскорбиновая кислота	+22,4	+5,6	+12,7	+40,1	+107,1	+48,1	+68,8	+58,8	+85,5
Растворимые сахара	+51,8	–	+38,1	–17,2	+24,2	+41,4	+31,1	+41,4	+51,8
Сахарокислотный индекс	+62,5	–12,5	+50,0	–50,0	–12,5	+50,0	–12,5	+25,0	+50,0
Суммарный эффект	+138,5	–13,5	+90,3	+4,0	+124,0	+132,2	+102,0	+128,7	+187,3

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с эталонным сортом при $p < 0,05$.

другой – отсутствие достоверных различий с ним по данному признаку. Расхождения с эталонным сортом по содержанию в микрозелени свободных органических кислот также отличались разновекторной направленностью. При этом если для большей половины сортов был показан на 4–66 % более высокий, чем у сорта Слodyч, уровень их накопления, особенно у сортов Радован и Фея, то сорта Павлуша, Преладо и Воронежский зеленый, напротив, уступали ему в этом плане на 7–11 % при отсутствии различий с ним у сорта Куявяк.

Следует заметить, что все без исключения тестируемые объекты, особенно сорта Куявяк и Прометей, характеризовались на 6–107 % более высоким, чем у эталонного сорта, содержанием в микрозелени аскорбиновой кислоты, то есть витамина С, что косвенно свидетельствовало о более высоком уровне ее антиоксидантной активности. Вместе с тем практически для всех тестируемых сортов гороха овощного было показано на 24–52 % более значительное, чем у сорта Слodyч, содержание в микрозелени растворимых сахаров при лидирующем положении в этом плане сортов Павлуша и Куявяк (см. табл. 2). Лишь в единичном случае – у сорта Фея обнаружено отставание на 17 % по данному признаку от эталонного сорта при отсутствии достоверных различий с ним сорта Белорусский овощной.

Поскольку показатель сахарокислотного индекса продукции, определяемый соотношением количеств растворимых сахаров и свободных органических кислот, в значительной мере характеризует ее вкусовые свойства, то наиболее сладкой следовало признать микрозелень сорта Павлуша, превосходящую в этом плане таковую сорта Слodyч на 63 %. Незначительно, причем в равной степени уступавшие лидирующему сорту по сладости продукции сорта Преладо, Воронежский зеленый и Куявяк превышали на 50 % эталонные значения сахарокислотного индекса, тогда как наименьшим размером данного превышения (на 25 %) был отмечен сорт Торнадо. Для остальных тестируемых объектов, особенно сорта Фея, было характерно отставание от сорта Слodyч по сладости микрозелени на 13–50 %.

На основании сопоставления относительных различий исследуемых сортов гороха с эталонным сортом по анализируемым показателям были выявлены таксоны с наибольшими и соответственно наименьшими их значениями (табл. 3). Как видим, лидирующее положение в накоплении сухих веществ, растворимых сахаров и показателе сахарокислотного индекса принадлежало сорту Павлуша, свободных органических кислот – сорту Фея, аскорбиновой кислоты – сорту Прометей. При этом сорт Куявяк характеризовался столь же высоким, как у сорта Павлуша, содержанием в микрозелени растворимых сахаров. Вместе с тем минимальным содержанием в ней сухих веществ были отмечены сорта Фея, Прометей и Радован, свободных органических кислот – сорт Преладо, аскорбиновой кислоты – эталонный сорт Слodyч, растворимых сахаров и наименьшим значением сахарокислотного индекса – сорт Фея.

Таким образом, выявленные сортовые различия исследуемых биохимических характеристик микрозелени гороха овощного свидетельствовали

Таблица 3 – Сорта гороха овощного с наибольшими (*max*) и наименьшими (*min*) в таксономическом ряду значениями исследуемых характеристик биохимического состава микрозелени

Показатели	Слодыч	Павлуша	Белорус- ский овощной	Преладо	Фея	Прометей	Воронеж- ский зеленый	Радован	Торнадо	Кузяк
Сухие вещества	–	<i>max</i>	–		<i>min</i>	<i>min</i>	–	<i>min</i>		–
Свободные органические кислоты	–	–	–	<i>min</i>	<i>max</i>	–	–	–	–	–
Аскорбиновая кислота	<i>min</i>	–	–	–	–	<i>max</i>	–	–	–	–
Растворимые сахара	–	<i>max</i>	–	–	<i>min</i>	–	–	–	–	<i>max</i>
Сахарокислот- ный индекс	–	<i>max</i>	–	–	<i>min</i>	–	–	–	–	–

о существенной их зависимости от генотипа опытных растений. С целью определения сортов с максимальной и минимальной степенью выявленных различий с эталонным сортом Сладыч по набору анализируемых показателей для каждого таксона были установлены суммарные значения относительных размеров положительных и отрицательных различий с ним по содержанию в микрорезелени сухих веществ, аскорбиновой и свободных органических кислот, растворимых сахаров и величине сахарокислотного индекса. Почти все тестируемые сорта гороха овощного в разной степени (от 4 до 187 %) превосходили эталонный сорт Сладыч по набору вышеобозначенных признаков, и лишь сорт Белорусский овощной уступал ему в этом плане на 14 %.

В соответствии со снижением значений суммарного эффекта, указывающим на обеднение микрорезелени сортообразцов гороха совокупностью исследуемых соединений, было проведено распределение опытных объектов следующим образом:

Куявяк > Павлуша > Воронежский зеленый > Торнадо > Прометей >
Радован > Преладо > Фея > Сладыч > Белорусский овощной.

Как видим, лидирующее положение в приведенном ряду принадлежало сорту Куявяк, а для четырех следующих за ним сортов были установлены довольно близкие между собой различия с эталонным сортом по спектру исследуемых показателей в пределах 124–139 %, причем наименьшими они оказались у сорта Фея. При этом для замыкавшего ряд сорта Белорусский овощной выявлено отставание в этом плане от сорта Сладыч на 14 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования генотипических особенностей накопления сухих веществ, свободных органических и аскорбиновой кислот, растворимых сахаров, а также показателя сахарокислотного индекса в образцах микрорезелени 10 сортов гороха овощного – Павлуша, Белорусский овощной, Преладо, Фея, Прометей, Воронежский зеленый, Радован, Торнадо, Куявяк, а также Сладыч, выбранного в качестве эталонного объекта, установлено лидирующее положение в таксономическом ряду сорта Куявяк, характеризовавшегося превышением на 187 % эталонного уровня совокупности обозначенных показателей, тогда как наименьшими ее значениями, практически сопоставимыми с эталонными, был отмечен сорт Фея при отставании от последних на 14 % сорта Белорусский овощной.

Список использованных источников

1. Корма. Методы определения содержания сухого вещества : ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.2013. – М. : Стандартинформ, 2012. – 11 с.
2. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л., 1987. – 430 с.
3. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие / Пермский гос. нац. исслед. ун-т. ; сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. – Пермь, 2012. – 148 с.

4. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. П. Боровиков. – Изд. 2-е. – СПб. : Питер, 2003. – 686 с., ил.

5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 320 с.

Поступила в редакцию 22 ноября 2022 г.

**A. M. Pashkevich, A. I. Chaykovskiy, Zh. A. Rupasova,
N. B. Krinitckaya, V. S. Zadalya**

GENOTYPIC FEATURES OF THE ACCUMULATION OF ORGANIC ACIDS AND SOLUBLE SUGARS IN THE MICROGREENS OF GARDEN PEAS

SUMMARY

The results of a comparative study of the genotypic features of the accumulation of solids, ascorbic and free organic acids, soluble sugars, as well as the indicator of the sugar acid index in samples of microgreens of 10 varieties of vegetable peas – Pavlusha, Beloruskiy ovochnoy, Prelado, Feya, Prometey, Voronezhskiy zeleny, Radovan, Tornado, Kuyavyak, as well as Slodych, selected as a reference object. The leading position in the taxonomic series of the Kuyavyak variety was established, characterized by an excess of 187 % of the reference level of the totality of the set indicators, while the Feya variety was marked by its lowest values, practically comparable to the reference ones, while the Beloruskiy ovochnoy variety lagged behind the latter by 14 %.

Key words: garden peas; varieties; microgreens; dry substances; ascorbic and free organic acids; soluble sugars; sugar acid index.

А. М. Пашкевич¹, аспирант, заведующий сектором бобовых овощных культур

А. И. Чайковский¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор

Ж. А. Рупасова², член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией химии растений

В. Н. Решетников², академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом биохимии и биотехнологии растений

В. С. Задаля², научный сотрудник

¹ РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

² ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФОНДА ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ПИГМЕНТОВ МИКРОЗЕЛЕНИ ГОРОХА ОВОЩНОГО

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследования генотипических особенностей пигментного фонда пластид микрозелени 10 сортов гороха овощного – Слодыч, Павлуша, Белорусский овощной, Преладо, Фея, Прометей, Воронежский зеленый, Радован, Торнадо и Куявяк. Установлено, что наиболее насыщенным фондом фотосинтезирующих пигментов характеризовались образцы микрозелени сортов Фея и в меньшей степени Радован и Преладо, тогда как наиболее обедненным – образцы микрозелени сорта Куявяк.

Ключевые слова: горох овощной; сорта; микрозелень; фотосинтезирующие пигменты; хлорофиллы; каротиноиды.

ВВЕДЕНИЕ

В связи со значительным увеличением в последние годы спроса у населения республики на продукцию микрозелени овощных культур, в том числе гороха овощного, как источника широкого спектра полезных веществ, особую актуальность обретает совершенствование технологии ее производства, направленное на улучшение продукционных и качественных показателей. В связи с этим представляется особо актуальным выявление сортообразцов данной культуры, микрозелень которых обладает наиболее высокими характеристиками пигментного фонда пластид, в значительной степени определяющими темпы продуцирования фитомассы и биосинтеза органических соединений. При этом особо важное значение обретает сравнительное

исследование содержания в микрозелени наиболее ценных его компонентов с высокой антиоксидантной активностью – хлорофиллов и каротиноидов, в том числе хлорофиллов *a* и *b*, восстановленных углеводов – β -каротина и их окисленных производных – ксантофиллов.

С целью выявления наиболее перспективных для производства микрозелени сортов образцов гороха овощного на базе коллекции сортов образцов данной культуры в Институте овощеводства были осуществлены исследования влияния генотипа растений на содержание в данной продукции фотосинтезирующих пигментов, что представляет особый научный и практический интерес.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования пигментного фонда образцов микрозелени 10 сортов гороха овощного – Сладыч, Павлуша, Белорусский овощной, Преладо, Фея, Прометей, Воронежский зеленый, Радован, Торнадо и Куявяк, полученных в одинаковых контролируемых условиях в растительной комнате в июне 2022 г. на торфяном субстрате, выполнены в лаборатории химии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В качестве эталонного объекта был принят районированный сорт Сладыч.

В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание: фотосинтезирующих пигментов – хлорофиллов *a* и *b* по методу Т. Н. Годнева [2, 6], β -каротина и суммы каротиноидов – по ГОСТ 8756.22-80 [4], сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [3]. Все измерения и определения осуществляли в 2-кратной биологической и 3-кратной аналитической повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований [1], с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований, приведенные в таблице 1, показали, что суммарное содержание хлорофиллов в сухой массе микрозелени исследуемых сортов образцов гороха овощного было весьма высоким и изменялось в диапазоне 533,6–1 237,0 мг/100 г, в том числе хлорофилла *a* – 371,9–845,2 мг/100 г, хлорофилла *b* – 161,6–391,8 мг/100 г. При этом суммарное содержание желтых фотосинтезирующих пигментов в сухом веществе микрозелени гороха варьировалось в сортовом ряду от 112,6 до 294,4 мг/100 г, в том числе β -каротина – от 21,6 до 67,7 мг/100 г, ксантофиллов – от 72,4 до 256,4 мг/100 г. Заметим, что лидирующее положение в накоплении и зеленых, и желтых пигментов принадлежало сорту Фея, тогда как наименее обеспеченным ими следовало признать сорт Куявяк. Вместе с тем производные характеристики пигментного фонда пластид у исследуемых объектов – соотношения количества хлорофиллов *a* и *b*, хлорофиллов и каротиноидов оказались весьма сходными, что подтверждалось узостью диапазонов их варьирования в сортовом ряду, соответствовавших значениям 2,0–2,3 и 3,6–4,8. При этом лишь в редких случаях расхождения с контролем по данным показателям оказались

88 Таблица 1 – Содержание хлорофиллов и каротиноидов в микрозелени сортов образцов гороха овощного, мг/100 г сухой массы

Таксон	Хлорофиллы							
	a		b		a + b		a/b	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t
Слодych – эталон	554,4 ± 4,5	–	274,7 ± 0,1	–	829,1 ± 4,4	–	2,0 ± 0,01	–
Павлуша	529,1 ± 2,8	–4,8*	259,1 ± 2,5	–6,1*	788,2 ± 0,2	–9,4*	2,0 ± 0,01	0,7
Белорусский овощной	572,9 ± 2,2	3,7*	280,5 ± 1,1	5,3*	853,4 ± 3,3	4,4*	2,0 ± 0,01	1,4
Прелада	628,6 ± 0,8	16,3*	298,9 ± 3,1	7,7*	927,5 ± 3,9	16,8*	2,1 ± 0,01	1,3
Фея	845,2 ± 13,7	20,2*	391,8 ± 11,7	10,0*	1237,0 ± 0,5	14,9*	2,2 ± 0,11	1,4
Прометей	598,5 ± 2,3	8,7*	298,1 ± 6,8	3,5*	896,6 ± 9,1	6,7*	2,0 ± 0,01	–0,2
Воронежский зеленый	617,6 ± 1,0	13,7*	310,1 ± 12,2	2,9*	927,7 ± 13,2	7,1*	2,0 ± 0,10	–0,3
Радован	685,3 ± 2,0	26,5*	321,1 ± 4,2	11,0*	1006,3 ± 6,3	23,2*	2,1 ± 0,01	1,2
Торнадо	559,7 ± 1,9	1,1	281,4 ± 1,7	3,9*	841,2 ± 3,6	2,1	2,0 ± 0,01	–1,6
Кузяк	371,9 ± 2,1	–36,6*	161,6 ± 4,9	–23,2*	533,6 ± 7,0	–35,8*	2,3 ± 0,10	4,9*

Таксон	Каротиноиды										Хлорофиллы/ каротиноиды	
	Сумма		β -каротин		Ксантофиллы		β -каротин/ ксантофиллы					
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	t		
Слодыч – эталон	200,2 ± 0,5	–	40,8 ± 0,2	–	159,4 ± 0,7	–	0,3 ± 0,01	–	4,1 ± 0,01	–	–	
Павлуша	182,4 ± 0,6	–22,4*	54,4 ± 0,1	48,9*	128,0 ± 0,8	–29,9*	0,4 ± 0,01	37,7*	4,3 ± 0,05	2,5	2,5	
Белорусский овошной	210,9 ± 0,6	14,9*	21,6 ± 0,4	–38,1*	189,3 ± 4,1	11,5*	0,1 ± 0,01	–40,4*	4,0 ± 0,05	–1,2	–1,2	
Преллада	259,2 ± 11,8	5,0*	46,1 ± 0,2	15,6*	213,1 ± 11,5	4,7*	0,2 ± 0,01	–3,5*	3,6 ± 0,18	–3,1*	–3,1*	
Фея	294,4 ± 16,8	5,6*	38,0 ± 0,2	–8,1*	256,4 ± 17,0	5,7*	0,1 ± 0,01	–9,4*	4,2 ± 0,24	0,4	0,4	
Прометей	211,0 ± 1,8	5,9*	67,7 ± 1,6	16,5*	143,3 ± 3,4	–4,6*	0,5 ± 0,02	9,6*	4,3 ± 0,08	1,4	1,4	
Воронежский зеленый	211,9 ± 0,1	24,7*	66,6 ± 1,1	23,7*	145,3 ± 1,1	–10,8*	0,5 ± 0,01	18,2*	4,4 ± 0,06	3,6*	3,6*	
Радован	259,9 ± 6,1	9,8*	57,0 ± 0,8	20,6*	202,9 ± 5,4	8,1*	0,3 ± 0,01	0,5	3,9 ± 0,12	–2,3	–2,3	
Торнадо	196,9 ± 5,9	0,5	35,2 ± 0,1	–1,1	161,7 ± 5,9	0,4	0,2 ± 0,01	–4,2*	4,3 ± 0,11	1,2	1,2	
Кузяк	112,6 ± 6,6	–13,2*	40,2 ± 0,5	–21,9*	72,4 ± 7,1	–12,3*	0,6 ± 0,06	5,0*	4,8 ± 0,14	3,8*	3,8*	

* Статистически значимые по t -критерию Стьюдента различия с эталонным сортом при $p < 0,05$.

статистически достоверными. Что касается соотношения количества β -каротина и ксантофиллов, то диапазон его варьирования охватывал область значений 0,1–0,6, что указывало на доминирующее положение в каротиноидном комплексе микрозелени окисленных форм данных соединений.

Сравнение исследуемых характеристик пигментного комплекса микрозелени тестируемых сортов образцов и сорта Сладыч выявило заметные различия как в содержании, так и в соотношении его основных компонентов. Для большинства исследуемых объектов было характерно более активное, чем у эталонного сорта, накопление и зеленых, и желтых пластидных пигментов (табл. 2). Это подтверждалось весьма заметным превышением относительно эталонного сорта их общего содержания соответственно на 3–49 и 5–47 % при наименьших различиях у сорта Белорусский овощной и наибольших у сорта Фея. Вместе с тем у двух сортов образцов данной культуры – Павлуша и особенно Куявяк обнаружено меньшее, чем у сорта Сладыч, содержание обеих групп пластидных пигментов, отставание по данному показателю составило в пределах 5–44 %, наибольшее во втором случае. Лишь у сорта Торнадо не выявлено достоверных различий с эталонным сортом в общем содержании фотосинтезирующих пигментов. Вместе с тем у большинства тестируемых сортов образцов не установлено достоверных различий с сортом Сладыч по соотношению количества хлорофиллов *a* и *b*, что указывало на сопоставимость у них темпов биосинтеза данных форм зеленых пигментов, и только для сорта Куявяк было показано превышение на 15 % эталонного уровня данного показателя.

Каротиноидный комплекс микрозелени тестируемых таксонов гороха был отмечен более выраженными контрастами с эталонным сортом в темпах биосинтеза его основных компонентов. При этом для одной половины сортов образцов было показано усиление по сравнению с ним позиций β -каротина, тогда как для другой, напротив, выраженное примерно в такой же степени их ослабление, что подтверждалось соответствующими изменениями соотношения количества β -каротина и ксантофиллов в пределах 33–100 %. Заметим, что наиболее высоким содержанием восстановленной формы желтых пигментов характеризовались сорта Прометей и Воронежский зеленый, тогда как окисленной – сорт Фея (табл. 2).

Тем не менее показанные выше сортовые особенности комплекса фотосинтезирующих пигментов микрозелени гороха в большинстве случаев не отразились на соотношении содержания хлорофиллов и каротиноидов. Лишь у сорта Прелад оно оказалось на 12 % достоверно ниже, чем у сорта Сладыч, что указывало на преимущественное усиление в его пигментном комплексе роли желтых пигментов, а у сортов Воронежский зеленый и Куявяк, напротив, на 7 и 17 % выше, что свидетельствовало об усилении позиций зеленых пигментов.

Таким образом, выявленные сортовые различия в составе пигментного комплекса пластид микрозелени гороха овощного свидетельствуют о существенном влиянии на его формирование генотипа опытных растений. С целью

Таблица 2 – Относительные различия сортообразцов гороха овощного с эталонным сортом Слюдяч по содержанию хлорофиллов и каротиноидов в сухом веществе микрозелени, %

Таксон	Хлорофиллы				Каротиноиды					Хлорофиллы/ каротиноиды	Совокупный эффект*
	a	b	a + b	a/b	Сумма	β-каротин	Ксантофиллы	β-каротин/ ксантофиллы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Павлуша	-4,6	-5,7	-4,9	-	-8,9	+33,3	-19,7	+33,3	-	-10,5	
Белорусский овощной	+3,3	+2,1	+2,9	-	+5,3	-47,1	+18,8	-66,7	-	-14,7	
Прелада	+13,4	+8,8	+11,9	-	+29,5	+13,0	+33,7	-33,3	-12,2	+110,3	
Фея	+52,5	+42,6	+49,2	-	+47,1	-6,9	+60,9	-66,7	-	+245,4	
Прометей	+8,0	+8,5	+8,1	-	+5,4	+65,9	-10,1	+66,7	-	+85,8	
Воронежский зеленый	+11,4	+12,9	+11,9	-	+5,8	+63,2	-8,8	+66,7	+7,3	+96,4	
Радован	+23,6	+16,9	+21,4	-	+29,8	+39,7	+27,3	-	-	+158,7	
Торнадо	-	+2,4	-	-	-	-13,7	-	-33,3	-	-11,3	
Кузяк	-32,9	-41,2	-35,6	+15,0	-43,8	-	-54,6	+100,0	+17,1	-208,1	

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с эталонным сортом при $p < 0,05$.

* Установлен путем сложения данных столбцов 2, 3, 4, 6, 7 и 8 с учетом их знака.

определения опытного объекта с максимальной и минимальной степенью изменений темпов биосинтеза фотосинтезирующих пигментов относительно эталонного сорта Слodyч для каждого из них были определены суммарные значения относительных размеров положительных и отрицательных различий с последним по общему количеству хлорофиллов и каротиноидов, а также по содержанию основных форм данных пигментов. Более половины тестируемых сортов гороха характеризовались на 86–245 % более высокими, чем у эталонного сорта, значениями совокупности обозначенных признаков, что свидетельствовало о большей насыщенности их пигментного фонда фотосинтезирующими пигментами. В свою очередь, это указывало на более значительные, чем у сорта Слodyч, потенциальные возможности их микрозелени к осуществлению синтетических процессов. Наибольшими значениями анализируемого суммарного показателя были отмечены сорта Фея и в меньшей степени Радован. Вместе с тем для нескольких сортов гороха – Павлуша, Торнадо и Белорусский овощной были установлены незначительные, причем примерно одинаковые (в пределах 11–15 %) отрицательные отклонения от эталонного сорта по данному признаку. При этом лидирующее положение в этом плане принадлежало сорту Кузяк, уступавшему сорту Слodyч по насыщенности пигментного комплекса пластид на 208 % (см. табл. 2).

В соответствии со снижением значений совокупного эффекта, указывающим на обеднение фонда фотосинтезирующих пигментов микрозелени сортообразцов гороха, а следовательно, и ослабление фотосинтетической функции, было проведено распределение опытных объектов следующим образом:

Фея > Радован > Преладо > Воронежский зеленый > Прометей >

Слodyч > Белорусский овощной > Торнадо = Павлуша > Кузяк.

Таким образом, в таксономическом ряду исследуемых сортов гороха овощного наиболее насыщенным фондом фотосинтезирующих пигментов характеризовались образцы микрозелени сортов Фея и в меньшей степени Радован и Преладо, тогда как наиболее обедненным – образцы микрозелени сорта Кузяк.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования генотипических особенностей фонда фотосинтезирующих пигментов микрозелени 10 сортов гороха овощного – Слodyч, Павлуша, Белорусский овощной, Преладо, Фея, Прометей, Воронежский зеленый, Радован, Торнадо и Кузяк установлено, что большинство исследуемых объектов характеризовались на 3–49 % и 5–47 % более высоким, чем у эталонного сорта, накоплением и зеленым, и желтым пластидных пигментов при наименьших различиях у сорта Белорусский овощной и наибольших у сорта Фея, тогда как у двух сортообразцов – Павлуша и особенно Кузяк обнаружено отставание от него в их накоплении на 5–44 %, наибольшее во втором случае. В таксономическом ряду тестируемых объектов наиболее насыщенным фондом фотосинтезирующих пигментов характеризовались образцы микрозелени сортов Фея и в меньшей степени

Радован и Прелато, тогда как наиболее обедненным – образцы микрозелени сорта Куявяк.

Список использованных источников

1. Боровиков, В. П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с.
2. Годнев, Т. Н. Хлорофилл: его строение и образование в растении / Т. Н. Годнев. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1963. – 318 с.
3. Методы определения сухих веществ : ГОСТ 8756.2-82. – Введ. 01.01.83. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
4. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина : ГОСТ 8756.22-80. – Введ. 01.01.81 (дата последнего изменения 13.07.2017). – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 6 с.
5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия, 2009. – 320 с.
6. Фотосинтез. Методические рекомендации к лабораторным занятиям, задания для самостоятельной работы и контроля знаний студентов / авт.-сост. Л. В. Кахнович. – Минск : Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2003. – 88 с.

Поступила в редакцию 22 ноября 2022 г.

**A. M. Pashkevich, A. I. Chaykovskiy, Zh. A. Rupasova,
V. N. Reshetnikov, V. S. Zadalya**

GENOTYPIC FEATURES OF THE FORMATION OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS FUND IN THE MICROGREENS OF GARDEN PEAS

SUMMARY

The results of a comparative study of the genotypic features of the formation of photosynthetic pigments fund in samples of microgreens of 10 varieties of vegetable peas – Slodych, Pavlusha, Beloruskiy ovochnoy, Prelado, Feya, Prometey, Voronezhskiy zeleny, Radovan, Tornado, Kuyavyak. It was found that the most saturated stock of photosynthetic pigments was characterized by samples of microgreens of the Feya and to a lesser extent Radovan and Prelado varieties, while the most depleted were samples of microgreens of the Kuyavyak variety.

Key words: garden peas; varieties; microgreens; photosynthetic pigments; chlorophylls; carotenoids.

А. М. Пашкевич¹, аспирант, заведующий сектором бобовых овощных культур

А. И. Чайковский¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор

Ж. А. Рупасова², член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией химии растений

Ю. В. Трофимов³, кандидат технических наук, директор

¹ РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

² ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск

³ РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси», г. Минск

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРОДУКЦИОННО-БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОЗЕЛЕНИ ГОРОХА ОВОЩНОГО

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследования продукционно-биометрических показателей гороха овощного в культуре микрозелени в зависимости от интенсивности светодиодного освещения – 50, 100, 150, 200 и 250 мкмоль/м²·с. Установлена существенная зависимость количественных характеристик исследуемых признаков (длина, ширина, индекс, площадь листочка, площадь совокупной листовой поверхности, длина проростка и фитомасса с делянки) от интенсивности светодиодного освещения. Лидирующее положение в эксперименте по интегральному уровню продукционно-биометрических показателей микрозелени гороха принадлежало варианту опыта с 100 мкмоль/м²·с освещением. При этом варианты с 250, 50 и 150 мкмоль/м²·с освещением уступали лидирующему варианту опыта в 1,7, 1,6 и 1,3 раза соответственно, что позволило признать их неэффективными.

Ключевые слова: микрозелень; горох овощной; светодиодное освещение; интенсивность светодиодного освещения; биометрические показатели; фитомасса.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы существенно увеличился спрос населения республики на продукцию микрозелени овощных культур, в том числе гороха овощного, как источника широкого спектра полезных веществ. Вместе с тем значительную роль при ее выращивании в условиях закрытой контролируемой среды играет уровень освещения, являющийся сигналом к росту и развитию растений

и одновременно источником энергии для реализации метаболических процессов [1]. При этом ответная реакция растительного организма при адаптации к условиям световой среды проявляется не только в изменениях морфофизиологических показателей, но и в перестройке его светособирающего комплекса [2]. Наиболее важными характеристиками светового режима являются спектральный состав, продолжительность освещения (фотопериод), но особенно важна плотность потока фотонов (интенсивность излучения), играющая первостепенную роль в накоплении фитомассы и синтезе вторичных метаболитов [3].

В мировой практике при производстве микрозелени овощных культур широко используются искусственные источники освещения – светодиоды. Однако видоспецифичный и даже сортоспецифичный характер требований культиваров к условиям освещения обусловил необходимость проведения исследований по оптимизации их светового режима, обеспечивающего высокие биопродукционные и биохимические характеристики конечной продукции [4–9]. Тем не менее в зарубежной научной литературе информация по данному вопросу носит весьма ограниченный характер, а в отечественной она отсутствует вовсе.

На наш взгляд, важнейшим критерием ответной реакции растений на условия освещения является характер соответствующих изменений в биометрическом и продукционном плане. С целью установления влияния интенсивности светодиодного освещения на основные ростовые характеристики и накопление фитомассы в культуре микрозелени гороха овощного в 2022 г. в РУП «Институт овощеводства» был проведен производственный эксперимент при ее выращивании в условиях светокультуры в закрытых контролируемых условиях в растительной комнате.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнялись на образцах микрозелени гороха овощного (сорт Павлуша), семена которого отбирались из существующей коллекции генетических ресурсов овощных культур РУП «Институт овощеводства». Предварительно были определены лабораторная всхожесть и энергия прорастания отобранных семян лабораторным методом для исключения фактора использования посевного материала с низкими кондиционными показателями. Установленная всхожесть находилась на уровне 95–98 %, энергия прорастания – 93–97 %. Посевной материал гороха овощного промывался и выдерживался в отстоянной воде (комнатной температуры +22 °С, pH – 7,7, содержание хлора – не более 1,1 мг/л) в течение 12 часов. Перед посевом семена дезинфицировались 3 %-м раствором перекиси водорода и снова промывались, посев выполнялся сплошным методом из расчета 120 шт. семян на деланку. Полив осуществлялся через сутки по 60 мл на деланку отстоянной водопроводной водой ранее указанных характеристик.

Культивирование микрозелени проводилось в полипластовых поддонах (179×132 мм, объемом 750 мл), стерилизуемых 96 %-м этиловым спиртом. В качестве грунта для выращивания использовался подготовленный торфяной субстрат, проавтоклавированный в паровом автоклаве ВК-75-01 (время

стерилизационной выдержки – 20 мин. при температуре 132 ± 2 °С и давлении 0,1 МПа). Опыты закладывались в 3-кратной повторности в три цикла выращивания. Расположение делянок случайное (рэндомизированное), размер одной делянки составлял 237 см^2 ($17,9 \times 13,2 \text{ см}$), площадь под одним вариантом – $0,4 \text{ м}^2$.

Выращивание опытных растений осуществлялось в условиях светокультуры в фитотроне, оснащенном облучательной фитоустановкой стеллажного типа FLORA LED 300/2/4 разработки и производства Государственного научно-производственного унитарного предприятия «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси». Установка была оснащена десятью светодиодными светильниками ДСП08-3×12-004 УХЛ4. Растения выращивались при пяти значениях интенсивности светодиодного освещения – 50, 100, 150, 200 и 250 $\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$. В качестве контроля принималась интенсивность, равная 200 $\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$, рекомендуемая ООО «Институт Гипронисельпром» Министерства сельского хозяйства РФ в качестве оптимальной для зеленных и рассады ряда овощных культур [10].

Биометрические измерения длины и ширины листочка, подсчет индекса листочка выполнялись по общепринятой методике [11], определение площади листочков, а также площади совокупной листовой поверхности проводилось путем сканирования листовых пластин с использованием программного средства APFill Ink Toner Coverage Meter 5.8 [12]. Все измерения и определения осуществлялись в 3-кратной повторности с последующей статистической обработкой экспериментальных данных по методике, принятой для биологических исследований с использованием программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistika [13, 14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Повариантное исследование продукционно-биометрических показателей микрозелени гороха овощного показало существенную зависимость их количественных характеристик от интенсивности светодиодного освещения. Как следует из таблицы, длина проростка на момент сбора урожая во всех опытных образцах, выращенных с интенсивностью освещения 50, 100, 150 и 250 $\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$, была больше контрольного образца, выращенного при 200 $\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$, на 4,3; 31,7; 21,4 и 28,5 %, соответственно. Однако после проведенных опытов была установлена обратная зависимость длины проростка от численных характеристик листового аппарата, товарности и биомассы микрозелени, биохимического состава. По этой причине можно сделать вывод, что интенсивность светодиодного освещения, равная 200 и 250 $\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$, является избыточной, так же как и интенсивность 50 $\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ является недостаточной для полноценного роста и развития растений.

Интервал относительных различий листового аппарата микрозелени гороха овощного сорта Павлуша находился в диапазоне 175,1–410,5 %. Наиболее сформированными листьями обладали растения, выращиваемые при 100 $\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ интенсивности освещения, относительное различие для которых, по сравнению с контрольной интенсивностью 200 $\text{мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$, составило 410,5 %. Одинаковые различия, по сравнению с контролем, были отмечены

для микрозелени, выращенной при интенсивности светодиодного освещения 150 и 250 мкмоль/м²·с, а именно 258,4 и 254,3 % соответственно (табл.).

Биомасса с делянки среди исследуемых образцов, которая является продукционной характеристикой, представляет большой интерес в производственном выращивании микрозелени. Как видно из таблицы, для всех опытных образцов было характерно увеличение биомассы по сравнению с контрольным вариантом. При этом незначительное увеличение приходилось на микрозелень, выращенную при интенсивности светодиодного освещения, равной 50 мкмоль/м²·с, более существенное и практически одинаковое увеличение – на микрозелень, выращенную при 150 и 250 мкмоль/м²·с, и наиболее положительное влияние, которое выразилось в относительном различии с контрольной интенсивностью в 31,7 %, приходилось на микрозелень с режимом освещения 100 мкмоль/м²·с.

Амплитуда выявленных различий по совокупности анализируемых признаков варьировала от 193,4 при 50 мкмоль/м²·с освещении до 464,3 при 100 мкмоль/м²·с освещении, что свидетельствовало о влиянии исследуемого фактора на продукционно-биометрические показатели микрозелени, особенно во втором случае (100 мкмоль/м²·с). При этом во всех вариантах опыта в продукционно-биометрических показателях было установлено доминирование относительных размеров позитивных сдвигов над негативными, что свидетельствовало об улучшении количественных характеристик микрозелени по сравнению с контролем, в качестве которого был принят вариант с 200 мкмоль/м²·с освещением. Подтверждением этому могут служить также положительные значения совокупного эффекта в вариантах опыта в пределах 165,4–420,1 %. При этом в соответствии со снижением кратного размера соотношения положительных и отрицательных сдвигов в продукционно-биометрическом отношении последней относительно контроля тестируемые варианты опыта расположились следующим образом:

$$100 \text{ мкмоль/м}^2\cdot\text{с} > 200 \text{ мкмоль/м}^2\cdot\text{с} > 250 \text{ мкмоль/м}^2\cdot\text{с} > 50 \text{ мкмоль/м}^2\cdot\text{с} > 150 \text{ мкмоль/м}^2\cdot\text{с}.$$

Таблица – Относительные размеры, амплитуды и соотношения продукционно-биометрических различий микрозелени гороха овощного на 10-е сутки выращивания при разной интенсивности светодиодного освещения с контрольной интенсивностью светодиодного освещения 200 мкмоль/м²·с

Интенсивность освещения, мкмоль/м ² ·с	Относительные различия, %							
	Биомасса с м ²	Длина проростка	Листовой аппарат	Положительные	Отрицательные	Амплитуда	Положительные / отрицательные	Совокупный эффект
50	+4,3	–14,0	+175,1	179,4	14,0	193,4	12,8	+165,4
100	+31,7	–22,1	+410,5	442,2	22,1	464,3	20,0	+420,1
150	+21,4	–24,4	+258,4	279,8	24,4	304,2	11,5	+255,4
250	+28,5	–17,4	+254,3	282,8	17,4	300,2	16,3	+265,4

Как видим, лидирующее положение в эксперименте по интегральному уровню продукционно-биометрических показателей микрозелени гороха, превосходившему таковой в контроле при интенсивности освещения $200 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ в 20 раз, принадлежало варианту опыта с $100 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ освещением. При этом варианты с 250, 50 и $150 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ освещением, превосходившим контрольный уровень в этом плане в 16,3, 12,8 и 11,5 раза, соответственно, уступали лидирующему варианту опыта в 1,7, 1,6 и 1,3 раза соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного анализа была установлена существенная зависимость количественных характеристик исследуемых признаков (длина, ширина, индекс, площадь листочка, площадь совокупной листовой поверхности, длина проростка и фитомасса с делянки) от интенсивности светодиодного освещения. В эксперименте по интегральному уровню продукционно-биометрических показателей микрозелени гороха доминировал вариант опыта с $100 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ освещением. При этом варианты с 250, 50 и $150 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ освещением уступали лидирующему варианту опыта, что позволило признать их неэффективными.

Список использованных источников

1. Meng, Q. Substituting green or far-red radiation for blue radiation induces shade avoidance and promotes growth in lettuce and kale / Q. Meng, N. Kelly, E. S. Runkle // *Environmental and Experimental Botany*. – 2019. – Vol. 162. – P. 383–391.
2. Анисимов, А. А. Влияние узкополосного красно-синего освещения на пигментный комплекс некоторых декоративных растений // *Перспективы развития АПК в работах молодых ученых : сб. материалов региональной науч.-практ. конф. молодых ученых / Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья ; редкол.: О. М. Шевелёва (гл. ред.) [и др.]. – Тюмень : ГАУСЗ, 2014. – С. 8–12.*
3. Оптимизация светодиодной системы освещения витаминной космической оранжереи // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2016. – Т. 50. – № 3. – С. 17–23.
4. A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens / X. Zhang [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. – 2020. – Vol. 99. – P. 1–15.
5. Blue and Red LED Illumination Improves Growth and Bioactive Compounds Contents in Acyanic and Cyanic *Ocimum basilicum* L. microgreens / Z. Andrei [et al.] // *Stoleru T. Molecules*. – 2017. – Vol. 22. – № 2111. – P. 1–14.
6. Brazaitytė, A. Changes in mineral element content of microgreens cultivated under different lighting conditions in a greenhouse / A. Brazaitytė, V. Vaštakaitė-Kairienė, A. Viršilė // *Acta Horticulturae*. – 2018. – Vol. 1227. – P. 507–516.
7. Brazaitytė, A. Comparison of LED and HPS illumination effects on cultivation of red pak choi microgreens under indoors and greenhouse conditions / A. Brazaitytė // *Istanbul, Turkey: 30th International Horticultural Congress*. – 2020. – Vol. 1287. – P. 395–402.

8. Kong, Y. Growth and morphology responses to narrow-band blue light and its co action with low-level UVB or green light: A comparison with red light in four microgreen species / Y. Kong, Y. Zheng // *Environmental and Experimental Botany*. – 2020. – Vol. 178. – № 104189. – P. 1–11.

9. Light Intensity and Light quality from Sole-source Light-emitting Diodes Impact Phytochemical Concentrations within Brassica Microgreens / Craver J. [et al.]. // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2017. – Vol. 142. – № 1. – P. 3–12.

10. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы / А. А. Тихомиров [и др.]. – Новосибирск : Изд. Сиб. отд. РАН, 2000. – 213 с.

11. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

12. Дмитриев, Н. Н. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии / Н. Н. Дмитриев, Ш. К. Хуснидинов // *Вестн. КрасГАУ*. – 2016. – № 7. – С. 88–93.

13. Боровиков, В. П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. П. Боровиков. – Изд. 2-е. – СПб. : Питер, 2003. – 686 с.

14. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М. : Академия. – 2009. – 320 с.

Поступила в редакцию 22.11.2022 г.

A. M. Pashkevich, A. I. Chaykovskiy, Zh. A. Rupasova, Yu. V. Trofimov

EFFECT OF THE INTENSITY OF LED LIGHTING ON THE PRODUCTION AND BIOMETRIC INDICATORS OF THE MICROGREENS OF GARDEN PEAS

SUMMARY

The results of the study of the production and biometric indicators of garden peas in the culture of microgreens, depending on the intensity of LED lighting – 50, 100, 150, 200 and 250 mcM/m²·sec are presented. A significant dependence of the quantitative characteristics of the studied features (length, width, index, leaf area, total leaf surface area, sprout length and phytomass from the plot) has been established depending on the intensity of LED lighting. The leading position in the experiment on the integral level of production and biometric indicators of microgreens of garden peas belonged to the variant with 100 mcM/m²·sec lighting. At the same time, the variants with 250, 50 and 150 mcM/m²·sec illumination were inferior to the leading variant by 1.7, 1.6 and 1.3 times, respectively, which allowed them to be recognized as ineffective.

Key words: microgreens; garden peas; LED lighting; intensity of LED lighting; biometric indicators; phytomass.

УДК 631.8:635.63:631.234

Н. Л. Почтовая, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий кафедрой плодоовощеводства

В. В. Скорина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры плодоовощеводства

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОГУРЦА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований влияния комплексных минеральных удобрений на биохимические показатели и урожайность при выращивании огурца в защищенном грунте.

Установлено положительное влияние на улучшение биохимических показателей и повышение урожайности огурца на 8,1–11,2 % в первой и 11,6–23,3 % во второй ротации.

Ключевые слова: огурец; защищенный грунт; удобрение; гибрид; качество; урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Производство овощей во внесезонный период возможно в культивационных сооружениях. Основными культурами тепличного овощеводства являются томат и огурец, при этом на долю огурца приходится значительная площадь. Преимущества выращивания огурца в защищенном грунте: наиболее урожайная и рентабельная скороспелая культура, умеренно требовательна к свету и может возделываться во всех световых зонах.

Огурец как овощная культура пользуется большой популярностью. Пищевое значение его заключается не в питательности, а в высоких вкусовых качествах и аромате плодов [7]. Огурец обладает диетическими свойствами, усиливает аппетит и способствует хорошему пищеварению, богат калием, фосфором, которые улучшают работу почек и сердца.

Современные технологии получения высоких урожаев в агропромышленном комплексе предусматривают создание оптимальных условий питания растений, водного и воздушного режимов почвы, надежной защиты растений от болезней и вредителей. В повышении урожайности овощных культур важная роль принадлежит удобрениям [1]. Наиболее перспективными являются комплексные минеральные удобрения, которые имеют много разнообразных веществ.

При использовании комплексных удобрений следует учитывать их состав и потребности культуры. Все эти удобрения содержат разные процентные

соотношения минеральных элементов. Комплексные удобрения в гранулированном виде вносятся не только вразброс, но и при посеве с семенами.

Огурец – это типичное субтропическое растение, лучше всего растущее в условиях высокой температуры, влажности, интенсивности освещения и доступности питательных веществ. Для получения хорошего урожая необходимо достаточно большое количество питательных элементов. На формирование 1 кг плодов огурец в защищенном грунте выносит: азота – 1,7–2,2, фосфора – 0,8–1,2, калия – 3,0–4,5, кальция – 1,6–1,8, магния – 0,3–0,4. При урожайности 30–35 кг/м²: азота – 50–70 г/м², фосфора – 25–40, калия – 110–130, кальция – 40–50 и магния – 10–12 г/м².

Данная культура отличается растянутым периодом потребления элементов питания. Больше всего огурец нуждается в питательных веществах во время завязывания плодов. Эта потребность остается высокой в течение всего периода плодоношения и уменьшается на этапе старения. Недостаток элементов питания в этот период приводит к существенному снижению урожайности, поэтому во время образования плодов необходимо постоянно контролировать содержание элементов питания в субстрате.

Корневое питание обеспечивает растение минеральными и органическими веществами, водой и углекислым газом, используя природные запасы почв и элементы питания, которые вносятся в нее с удобрениями [1, 3, 6, 8]. Поэтому оценка различных видов минеральных удобрений и их влияние на биохимический состав продукции и урожайность является актуальной задачей.

В связи с этим цель исследований – оценка эффективности применения комплексных минеральных удобрений при выращивании огурца в защищенном грунте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования влияния комплексных удобрений на основные показатели огурца проводили в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в условиях защищенного грунта. Культуру выращивали в 2021 г. в первой (F₁ Яни) и второй (F₁ Кураж) ротациях. Выращиваемые сорта огурца относятся к партенокарпическому типу.

В опыте использовали Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 13 (производитель АО «РУСИНХИМ», Россия).

Субстратом для выращивания огурца являлась торфяная смесь с содержанием подвижного фосфора (P₂O₅) – 483,4 мг/кг почвы и обменного калия (K₂O) – 335,6 мг/кг почвы с рН_{KCl} 6,0.

Культуру выращивали рассадным способом. Посадку рассады огурца в возрасте 25 дней в первой ротации проводили 27.03.2021 г., во второй – 30.05.2021 г. по схеме (80 + 60) × 50 см. Размер опытной делянки 5 м². Повторность опытов 4-кратная, размещение делянок рандомизированное.

В контрольном варианте на фоне рекомендованной отраслевым регламентом системы удобрений исключали внесение. В эталонном варианте использовали удобрение, по составу близкое к испытываемому.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль.
2. Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 13 (N:P:K 4:3:3).
3. Смеси удобрительные универсальные «Эффект» с микроэлементами или без микроэлементов, гранулы и порошок, марка «Эффект огурец».

Удобрение применяли при подготовке почвы с последующей заделкой: при высадке рассады;

подкормке (первая – через две недели после высадки рассады, вторая через 10–15 дней). Подкормку растений проводили из расчета 10–25 г/м².

В работе придерживались основных положений методики полевого опыта и методических указаний по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений [5].

Математическая обработка полученных данных проведена по Б. А. Доспехову [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, полученные в результате изучения влияния применяемых комплексных удобрений на качественные показатели огурца при выращивании в защищенном грунте в первой ротации, выявили статистически достоверные различия по содержанию в плодах растворимых углеводов ($\text{HCP}_{05} - 0,148$), витамина С ($\text{HCP}_{05} - 0,607$), азота ($\text{HCP}_{05} - 0,006$) и фосфора ($\text{HCP}_{05} - 0,004$) (табл. 1).

Важным параметром при возделывании овощных культур является содержание нитратов и нитритов в получаемой продукции. Накопление нитратов в растениях зависит от ряда показателей: биологических особенностей растений, сорта, возраста (содержание нитратов больше в ранних овощах, чем в поздних), факторов окружающей среды (температура, влажность воздуха, продолжительность светового освещения), режима минерального питания растений, в котором ведущую роль играют удобрения.

Предельно допустимая концентрация нитратов в огурцах, выращиваемых в защищенном грунте, составляет 400 мг/кг плодов. В зависимости от варианта опыта содержание нитратов в полученной продукции варьировало от 65,6 до 105 мг/кг и находилось ниже нормы ПДК.

Согласно ГОСТ 33977-2016 «Методы определения общего содержания сухих веществ» содержание сухих веществ в плодах огурца должно находиться в пределах от 3 до 6 %. Во всех исследуемых вариантах опыта данный показатель был в пределах нормы и варьировал в диапазоне 3,94–4,18 %. В контрольном варианте содержание сухого вещества составило 3,94 %, в опытном – 4,18 %.

Отмечены различия по содержанию витамина С и растворимых углеводов в плодах при применении комплексных удобрений. По отношению к контролю содержание витамина С при применении удобрения было выше на 8,4 % в опытном варианте и на 6,1 % – в эталоне. Разница по содержанию растворимых углеводов между вариантами составила от 1,76 до 2,4 раза.

Применение комплексных удобрений оказало положительное влияние на урожайность. За первый месяц плодоношения в первой ротации урожайность огурца составила 3,0 кг/м² в варианте с применением Удобрения смешанного «Добрая Сила», марка 13, в варианте с применением Смесей удобрительных универсальных «Эффект» – 2,8 кг/м² (табл. 2).

В среднем за первую ротацию получено 17,8 кг/м² в варианте с применением Удобрения смешанного «Добрая Сила», марка 13 (N:P:K 4:3:3), при применении Смесей удобрительных универсальных «Эффект» – 17,3 кг/м². Прибавка по отношению к контролю в опытном варианте составила 1,8 кг/м². Отмечено статистически достоверное повышение урожайности за первый (НСР₀₅ – 0,248), второй (НСР₀₅ – 0,258) и третий (НСР₀₅ – 0,436) месяцы плодоношения и в целом за ротацию (НСР₀₅ – 1,002). Масса плода в зависимости от варианта опыта составила 85,2–88,1 г.

В результате анализа биохимических показателей качества продукции (табл. 3) при применении удобрений во второй ротации установлены статистически достоверные различия между вариантами по содержанию в плодах растворимых углеводов (НСР₀₅ – 0,120), витамина С (НСР₀₅ – 0,760), накоплению нитратов (НСР₀₅ – 6,842).

Содержание растворимых углеводов в плодах при внесении Удобрения смешанного «Добрая Сила», марка 13 (N:P:K 4:3:3) составило 2,87 %. В варианте с использованием Смесей удобрительных универсальных «Эффект» – 1,66 %. Нитраты в продукции не превышали ПДК.

Урожайность за первый месяц плодоношения (табл. 4) в варианте с применением Удобрения смешанного «Добрая Сила», марка 13 (N:P:K 4:3:3) составила 3,5 кг/м², при внесении Смесей удобрительных универсальных «Эффект» – 3,3 кг/м². В среднем за вторую ротацию урожайность в опытном варианте была на уровне 12,7 кг/м², в контроле – 11,5 кг/м². Прибавка к контролю в опыте составила 2,4 кг/м², в эталоне – 1,2 кг/м².

Установлено статистически достоверное повышение урожайности за первый (НСР₀₅ – 0,291), второй (НСР₀₅ – 0,278) и третий (НСР₀₅ – 0,274) месяцы плодоношения и в целом за ротацию (НСР₀₅ – 0,958).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение комплексных минеральных удобрений на культуре огурца при выращивании в защищенном грунте в указанных нормах расхода в период вегетации культуры способствует улучшению биохимических показателей и повышению урожайности. В результате исследований установлена достоверность различий по биохимическим показателям и урожайности.

Применение Удобрения смешанного «Добрая Сила», марка 13 (N:P:K 4:3:3) способствует повышению урожайности на 8,1–11,2 % в первой ротации и 11,6–23,3 % во второй, содержания сухого вещества на 6,0–8,4 %. Установлены достоверные различия между вариантами опыта по содержанию растворимых углеводов.

Таблица 1 – Биохимические показатели качества плодов огурца (1-я ротация)

Варианты опыта	Сухое вещество, %	Растворимые углеводы, %	Витамин С, мг/100 г	Нитраты, мг/кг	N, %	P, %	K, %
Контроль	3,94	1,20	8,1	105,0	0,08	0,06	0,15
Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 13 (N:P:K 4:3:3)	4,18	2,89	8,8	65,5	0,10	0,07	0,16
Смеси удобрительные универсальные «Эффект» с микроэлементами или без микроэлементов, гранулы и порошок, марка «Эффект-огурец»	4,10	2,12	8,6	101,0	0,07	0,07	0,15
НСР ₀₅	$F_{\Phi} < F_{05}$	0,148	0,607	6,962	0,006	0,004	$F_{\Phi} < F_{05}$

Таблица 2 – Урожайность огурца в защищенном грунте, кг/м²

Варианты опыта	Масса плода, г	Период плодоношения, месяц				Всего за ротацию	± к контролю
		1-й	2-й	3-й	4-й		
Контроль	85,2	2,40	3,9	5,4	4,3	16,0	–
Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 13 (N:P:K 4:3:3)	88,1	3,0	4,3	5,9	4,6	17,8	1,8
Смеси удобрительные универсальные «Эффект» с микроэлементами или без микроэлементов, гранулы и порошок, марка «Эффект-огурец»	87,0	2,8	4,2	5,7	4,6	17,3	1,3
НСР ₀₅	$F_{\Phi} < F_{05}$	0,248	0,258	0,436	$F_{\Phi} < F_{05}$	1,002	

Таблица 3 – Биохимические показатели качества плодов огурца (2-я ротация)

Варианты опыта	Сухое вещество, %	Растворимые углеводы, %	Витамин С, мг/100 г	Нитраты, мг/кг	N, %	P, %	K, %
Контроль	3,87	1,20	10,3	30,0	0,08	0,06	0,08
Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 13 (N:P:K 4:3:3)	3,94	2,87	12,1	80,8	0,08	0,05	0,10
Смеси удобрительные универсальные «Эффект» с микроэлементами или без микроэлементов, гранулы и порошок, марка «Эффект-огурец»	3,74	1,66	11,8	115,0	0,07	0,05	0,07
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	0,120	0,760	6,842	0,006	0,005	0,005

Таблица 4 – Урожайность огурца в защищенном грунте, кг/м²

Варианты опыта	Масса плода, г	Период плодоношения, месяц			За ротацию	± к контролю
		1-й	2-й	3-й		
Контроль	86,0	2,8	4,2	3,3	10,3	–
Удобрение смешанное «Добрая Сила», марка 13 (N:P:K 4:3:3)	89,0	3,5	5,3	3,9	12,7	2,4
Смеси удобрительные универсальные «Эффект» с микроэлементами или без микроэлементов, гранулы и порошок, марка «Эффект-огурец»	88,5	3,3	4,7	3,5	11,5	1,2
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	0,291	0,278	0,274	0,958	

Список использованных источников

1. Борисов, В. А. Удобрение овощных культур / В. А. Борисов. – М. : Колос, 1978. – 206 с.
2. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь : справочное изд. / А. В. Пискун [и др.]. – Минск, 2020. – 742 с.
3. Дозы и концентрации комплексных удобрений при некорневых подкормках растений огурца в теплицах / М. Ф. Степура [и др.] // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2014. – № 2. – С. 67–69.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Методические указания по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / В. В. Лапа [и др.] ; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2008. – 36 с.
6. Рак, М. В. Применение удобрений в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / М. В. Рак, Г. М. Сафроновская, С. А. Титова // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 2. – С. 7–10.
7. Скорина, В. В. Овощеводство защищенного грунта : учеб. пособие // В. В. Скорина. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 260 с.
8. Степура, М. Ф. Ресурсосберегающая система удобрений овощных культур / М. Ф. Степура, А. А. Аутко, В. А. Крапивка. – Минск, 2010. – 208 с.

Поступила в редакцию 18.11.2022 г.

N. L. Pochtovaya, V. V. Skorina

THE EFFECT OF COMPLEX FERTILIZERS ON THE YIELD AND QUALITY OF CUCUMBER IN PROTECTED GROUND

SUMMARY

The article presents the research results of the assessment of the effect of complex mineral fertilizers on biochemical indicators and yield when growing cucumbers in protected ground.

A positive effect on improving biochemical indicators and increasing cucumber yield by 8.1–11.2 % in the first and 11.6–23.3 % in the second rotation was found.

Key words: cucumber; protected ground; fertilizer; hybrid; quality; yield.

И. Г. Пугачева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры сельскохозяйственной биотехнологии,
экологии и радиологии

А. В. Французенок¹, аспирант

И. Е. Баева¹, заведующий учебно-научно-исследовательской
генетической лабораторией

Н. Ю. Лещина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры сельскохозяйственной биотехнологии,
экологии и радиологии

М. М. Добродькин¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий кафедрой сельскохозяйственной биотехнологии,
экологии и радиологии

Н. А. Некрашевич², научный сотрудник

О. Г. Бабак², кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный
сотрудник

А. В. Кильчевский², академик НАН Беларуси, доктор биологических
наук, профессор, научный руководитель лаборатории экологической
генетики и биотехнологии

¹ УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

² ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», г. Минск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНОГО МАРКИРОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ УСТОЙЧИВОСТИ К БОЛЕЗНЯМ И ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА ПЛОДОВ В СЕЛЕКЦИИ ТОМАТА (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) ДЛЯ ОТКРЫТОГО ГРУНТА

РЕЗЮМЕ

С применением методов молекулярного маркирования на этапах оценки расщепляющихся популяций и подбора пар для скрещиваний созданы линейный материал и гибриды F_1 томата для открытого грунта с комплексом аллелей, обеспечивающих повышенное накопление определенного состава каротиноидов (tangerine, Beta, old gold crimson) и антоцианов (Ant1), а также устойчивость к ряду вредителей (Mi-1.2), грибным (I-2, Cf-4, Cf-9, Ph-3) и вирусным (Tm-2, Sw 5b, Sw 421) инфекциям. Адаптированы методики и проведено ДНК-типирование аллельного состава генов качества плодов и устойчивости. Выделены линии и гибриды F_1 , содержащие аллели ценных признаков в сочетании с высокой урожайностью и скороспелостью.

Ключевые слова: томат; селекция; ДНК-маркеры; устойчивость к болезням; качество плодов; урожайность; открытый грунт.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобального дефицита энергоресурсов актуально создание сортов и гибридов томата для возделывания в открытом грунте. Такая технология не требует расходования энергии для создания микроклимата, использования дорогого оборудования и значительных трудовых затрат по сравнению с технологиями защищенного грунта. При этом условия открытого грунта предполагают действие различных абиотических стрессов и наличие патогенных организмов (вирусы, грибные инфекции, нематода и др.), которые могут вызывать значительные потери урожая. Классические селекционные методы позволяют отбирать наиболее устойчивые формы на естественных или искусственно созданных стрессовых фонах. Работа в естественных условиях осложняется тем, что оценку в поле можно проводить лишь раз в год, ее успешность в значительной степени зависит от фактически сложившихся условий для развития болезней и размножения вредителей [1]. Недостатками лабораторного метода оценки являются необходимость сохранения и поддержания вирулентности возбудителя, контроля за равномерностью нанесения инокуляма, определением оптимальной инфекционной нагрузки, способствующей наибольшему числу поражений, созданием благоприятных условий среды (температура, влажность, освещенность) для развития патогена, а также неполное соответствие результатов естественным условиям заражения [2].

Альтернативным подходом для целенаправленного отбора растений с желательными признаками является использование генетических маркеров, сцепленных с генами, контролирующими интересующий признак (маркер-сопутствующий отбор, MAS). Этот метод позволяет избежать недостатков анализа по морфологическим характеристикам, таких как сильное влияние внешних факторов среды и проявление анализируемых свойств на поздних стадиях онтогенеза, тем самым увеличить его эффективность и уменьшить количество генотипов для фенотипического отбора [3, 4].

В настоящее время разработано большое количество ДНК-маркеров, позволяющих выявлять селекционно значимые признаки у томата [5–9]. Важная роль в практической селекции томата принадлежит генам, обуславливающим устойчивость к болезням. Успешно применяются известные ДНК-маркеры для идентификации аллелей генов устойчивости к вирусу бронзовости томата (*Sw 5*) [10], фузариозному увяданию (*I*) [5, 8, 11], вирусу мозаики томата (*Tm-2*) [12], мелойдогинозу (*Mi*) [13], кладоспориозу (серия генов – *Cf*) [14–16], фитофторозу (серия генов – *Ph*) [17, 18].

Одним из современных направлений селекции на качество плодов томата является создание форм с высоким содержанием каротиноидов и флавоноидов (в частности антоцианов). Сочетание в продуктах двух данных групп пигментов позволяет повысить антиоксидантные свойства плодов, что важно

при их использовании в качестве продуктов для функционального питания. Кроме того, повышенное количество антоцианов в растениях увеличивает их устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам. Для создания форм с различным сочетанием каротиноидных и флавоноидных пигментов применяется ряд маркеров к структурным генам их биосинтеза (*t*, *B*, *og^c* и др.), а также генам, регулирующим накопление пигментов (*hp1*, *hp2^{dg}*, *U*, *Ant1*, *Y* и др.) [19–21].

Среди всех молекулярно-генетических подходов в данном случае целесообразно использование маркеров, разработанных на основе выявленных полиморфизмов последовательностей конкретных генов (SCAR, CAPS и др.) для выявления гомозиготного и гетерозиготного состояния гена.

Целью наших исследований является использование SCAR и CAPS-маркеров для отбора образцов томата с генетической детерминацией устойчивости к наиболее вредоносным болезням и пигментного состава плодов, а также создание на их основе новых гибридов и сортов томата для открытого грунта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследований использовали 30 гибридных комбинаций, 11 родительских форм и 80 линий томата, созданных в результате предварительных экспериментов с применением методов микрогаметофитного отбора и молекулярного маркирования на этапах получения и оценки расщепляющихся популяций, подбора пар для скрещиваний, с учетом проявления морфологических признаков растений, урожайности и скороспелости.

Молекулярно-генетический анализ выполняли в учебно-научно-исследовательской генетической лаборатории Белорусской государственной сельскохозяйственной академии и в лаборатории экологической генетики и биотехнологии Института генетики и цитологии НАН Беларуси. Выделение ДНК проводили с использованием набора реагентов для выделения ДНК из растительного материала «Нуклеосорб» в комплектации С компании «Праймтех» согласно протоколу производителя. Для ДНК-типирования аллелей качества плодов и устойчивости к болезням использовали методические указания, разработанные в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси [22–24]. ПЦР осуществляли с использованием молекулярных маркеров, указанных в таблице 1.

Анализ продуктов амплификации проводили в агарозном геле различной плотности (1,5–3 %), а также в акриламидном геле на генетическом анализаторе *Genetic Analyzer 3500 (Applied Biosystems)*. Результаты анализа продуктов амплификации документировали с помощью системы *E-Box-CX5.TS (Vilber Lourmat)*. Размеры амплифицированных фрагментов определяли, используя маркеры молекулярного веса (*DNA ladder Eurogen*). Полевые эксперименты выполняли на опытном поле кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии БГСХА в 2021–2022 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая, окультуренная, среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке. Повторность опыта 3-кратная. Схема

Таблица 1 – Наименование и характеристика маркеров, используемых для ДНК-типирования аллелей устойчивости к болезням и качества плодов

Ген	Литературный источник	Тип и название маркера	Праймеры
<i>tangerine (t)</i>	Eckardt N. A., 2002	SCAR, tF/tR	F: ACCAATGCTCCGAATGA R: TGGGCTCCCTGGAAAGT
<i>Ant1 Anthocyanin1</i>	Sapir M. с соавт., 2008	CAPS, Ant1F/Ant1R	F: GAAGGACAGCTAACGATGTG R: GTTGCATGGGKGTAAATTAAG
<i>B (Beta carotene)</i>	Labate J. A. с соавт., 2007	SCAR, BpromF/BpromR	F: TATGTTTGTAGTGTCTGG R: GAAAATTGTTTCATGTGCC
<i>og⁶</i>	Ronen G. с соавт., 2000	SCAR, OgcF/OgcR	F: TAGGNCNATTTTCCAAACA R: AAGACTCTGGCTTTGATG
<i>Ph-3</i>	Panthee D. R. с соавт., 2015	SCAR, NC-6678F/ NC-6678R	F: CCTTAATGCAATAGGCAAAAT R: ATTTGAATGTCTCTGGATTGG
<i>I-2</i>	Davis R. M. с соавт., 1988	SCAR, I-2/5F/I-2/5R	F: CAAGGAACTGCGTCTGTCTG R: ATGAGCAATTTGTGGCCAGT
<i>Cf-4</i>	Parniske M. с соавт., 1997; Takken F. L. с соавт., 1998	SCAR, Cf4-158F/ Cf4-974R	F: TTACGACAGAAAGAACTCTTCTTGG R: AGTCCGCTTACGTTGGATGG
<i>Cf-9</i>	Van der Horn R. A. с соавт., 2001	SCAR, CS5/DS1/CS1	CS5: TCCAACTTACAATCCCTTC DS1: GAGAGCTCAACCTTACGAA CS1: GCCGTTCAAGTTGGGTGT
<i>Mi-1.2</i>	Garcia B. E. с соавт., 2007	SCAR, Mi23F/Mi23R	F: TGGAAAAATGTTGAATTTCTTTTG R: GCATACTATATGGCTTGTTAACCC
<i>Sw 5</i>	Shi A. с соавт., 2011	SCAR, Sw5-F2/Sw5-r2	F: GGAACCTGTAACCTTGACTG R: AGCTCTCATCCATTTTCCG
	Nascimento I. R. D. с соавт., 2009	SCAR, Sw421-1/Sw421-2	F: GACTTGTGGCCATAGGTTCC R: GCCCACCCCGAAGTTAATCC
<i>Tm-2²</i>	Shi A. с соавт., 2011	CAPS, Tm2RS-F3/Tm2RS-r3	F: TGGAGGGGAATATTTGTGGA R: ACTTCAGACAACCCATTCGG

посадки 70×30 см. В качестве стандартов использовали сорт Ирма и гибрид F₁ Адапт. Сборы урожая проводили через 7 дней. Для оценки достоверности различий использовали метод однофакторного дисперсионного анализа [25].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При выявлении аллелей генов устойчивости к болезням и аллелей генов качества плодов проводилась адаптация состава реакционной смеси и режимов амплификации, рекомендованных авторами литературных источников (табл. 1). При необходимости модифицировали концентрацию *dNTP*, *MgCl₂*, *Tag* полимеразы, температуру отжига. С использованием адаптированных составов ПЦР-смеси и условий амплификации выполнен ДНК-анализ исследуемого материала на наличие аллелей качества плодов (*t*, *Ant1*, *B*, *og^c*) и устойчивости к фитофторозу (*Ph-3*), фузариозному увяданию (*I-2*), кладоспориозу (*Cf-4*, *Cf-9*), мелойдогинозу (*Mi-1.2*), вирусам бронзовости (*Sw 5b*, *Sw 421*) и мозаики томата (*Tm-2²*) (примеры результатов представлены на рис. 1 и 2 соответственно).

При использовании SCAR-маркера к аллелю *t* гена каротиноидной изомеразы (рис. 1А) получены ампликоны размером 508 п. н., свидетельствующие о наличии мутантного аллеля *tangerine*, и 856 п. н. – наличии нормального аллеля [19]. У Линии 19-612, Линии 217, Линии 20-1449, Линии 20-1265 и гибрида Линия 19-612 × Линия 217 выявлено наличие мутантного аллеля в гомозиготном состоянии. В гетерозиготном состоянии данный аллель обнаружен у гибридов с Линией 19-612 и Линией 217.

В результате ПЦР с праймерами к CAPS-маркеру *Ant1* образуется фрагмент длиной 478 п. н. После рестрикции данного фрагмента эндонуклеазой *NcoI* у растений дикого типа образуются два фрагмента размером 271 и 207 п. н., а у растений с *Aft*-фенотипом не происходит уменьшение длины фрагмента (рис. 1Б) [21]. Среди изученных нами образцов выделено пять линий, характеризующихся наличием аллеля гена *Ant1* в доминантном гомозиготном состоянии, и две линии – гетерозиготы с фрагментами размером 271 и 207 п. н. в сочетании с 478 п. н.

Для определения доминантного аллеля *B* (*Beta carotene*) гена хромопласт-специфической ликопин-β-циклазы (CYCB) была проведена амплификация с использованием SCAR-маркера BpromF/BpromR [20, 22]. Электрофоретическое разделение продуктов амплификации проводили в 3 %-м агарозном геле в течение 4–5 часов. Удалось дифференцировать фрагменты 143 или 152 п. н. – рецессивный и доминантный аллели соответственно (рис. 1В). Доминантный аллель *B* обнаружен у Линии 20-1252, Линии 20-1257/1, Линии 20-1259, Линии 20-1451, Линии 20-1526 и Линии 21-785.

Для выявления ценного аллеля *og^c* гена CYCB использовали SCAR-маркер OgcF/OgcR [26]. Полученные с помощью генетического анализатора результаты позволили достоверно выявить наличие мутантного *og^c* (140 п. н.) и дикого (141 п. н.) аллелей (рис. 1Г). Установлено, что в тестируемой коллекции Линия 19-612, Линия 221, Линия 20-1457, Линия 20-1433, Линия 20-1247,

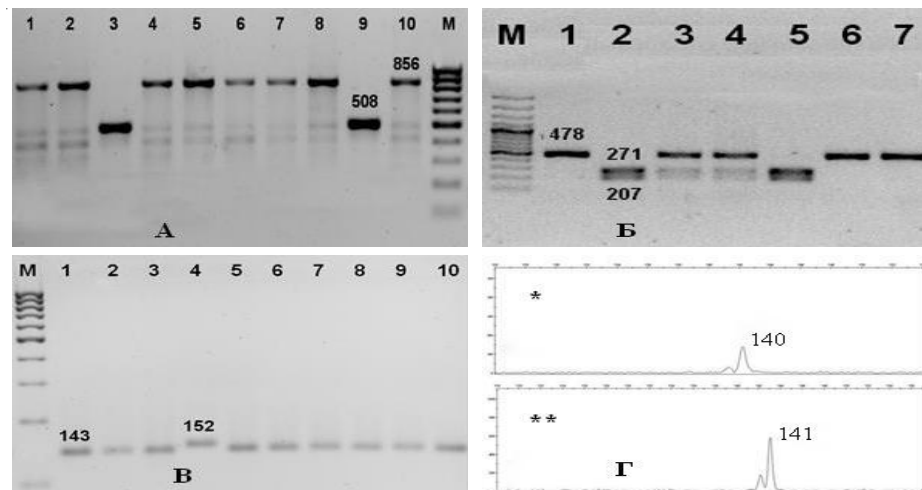


Рисунок 1 – Фрагменты продуктов амплификации/рестрикции ДНК-образцов: М – маркер молекулярного веса (1500 bp); **А** – tF/tR: 1 – Линия 16-8; 2 – Линия 16-57; 3 – Линия 19-612; 4 – Линия 19-645; 5 – Линия 19-652; 6 – Ирма; 7 – Zafar; 8 – Желтый жемчуг; 9 – Линия 217; 10 – Линия 221; **Б** – Ant1F/Ant1R: 1 – Линия 20-201 ИГЦ; 2 – Линия 20-1525; 3 – Линия 20-24-1 ИГЦ гетерозигота; 4 – Линия 20-Х ИГЦ гетерозигота; 5 – Линия 20-1510; 6 – Линия 20-25-1 ИГЦ; 7 – Линия 20-166-3 ИГЦ; **В** – BpromF/BpromR: 1 – Линия 20-1361; 2 – Линия 20-1365; 3 – Линия 21-974; 4 – Линия 20-1451; 5 – Линия 19-621; 6 – Линия 19-628; 7 – Линия 19-635; 8 – Линия 19-645; 9 – Линия 19-624; 10 – Ирма × Линия 19-612; **Г** – OgcF/OgcR: * – Линия 19-612; ** – Линия 19-645

Линия 20-1262, Линия 20-1266, Линия 20-1274 и Линия 20-1293 содержат мутантный аллель *og^c*.

На рис. 2А показана часть результатов амплификации с маркером NC-6678 (ген *Ph-3*): получены фрагменты размером 900 п. н., свидетельствующие о восприимчивости к фитофторе, и 600 п. н., свидетельствующие о генетической детерминации устойчивости [18, 27]. С помощью данного маркера выявлены источники аллеля устойчивости к фитофторозу в гомозиготном состоянии: Желтый жемчуг, Линия 20-1272/1, Линия 20-1272/2, Линия 20-1272/3, Линия 20-1272/4, Линия 20-1477, Линия 20-1476, Линия 20-1250, Линия 20-1252, Линия 21-974, Линия 19-621. В гетерозиготном состоянии данный ген выявлен у Линии 20-1272/5, Линии 20-1272/5-1, Линии 20-1457, Линии 20-1432, Линии 20-1306, гибридов с сортом Желтый жемчуг в качестве отцовского компонента скрещивания, а также у гибрида Адапт F₁.

Для выявления гена устойчивости к фузариозному увяданию использовался функциональный маркер I-2/5. Ожидались фрагменты размером 566 п. н. (аллель *I-2*) и 633 п. н. (аллель *I-2C*), свидетельствующие о наличии аллеля устойчивости, а также фрагмент размером 693 п. н., иногда амплифицирующийся в паре с фрагментом 760 п. н., определяющий аллель восприимчивости к расам 1 и 2 [7, 11]. Были выявлены разные аллельные варианты гена *I-2* (рис. 2Б).

При изучении генетической детерминации устойчивости образцов томата к кладоспориозу использовалось два SCAR-маркера Cf4/4A [15, 28] и Cf9 [29].

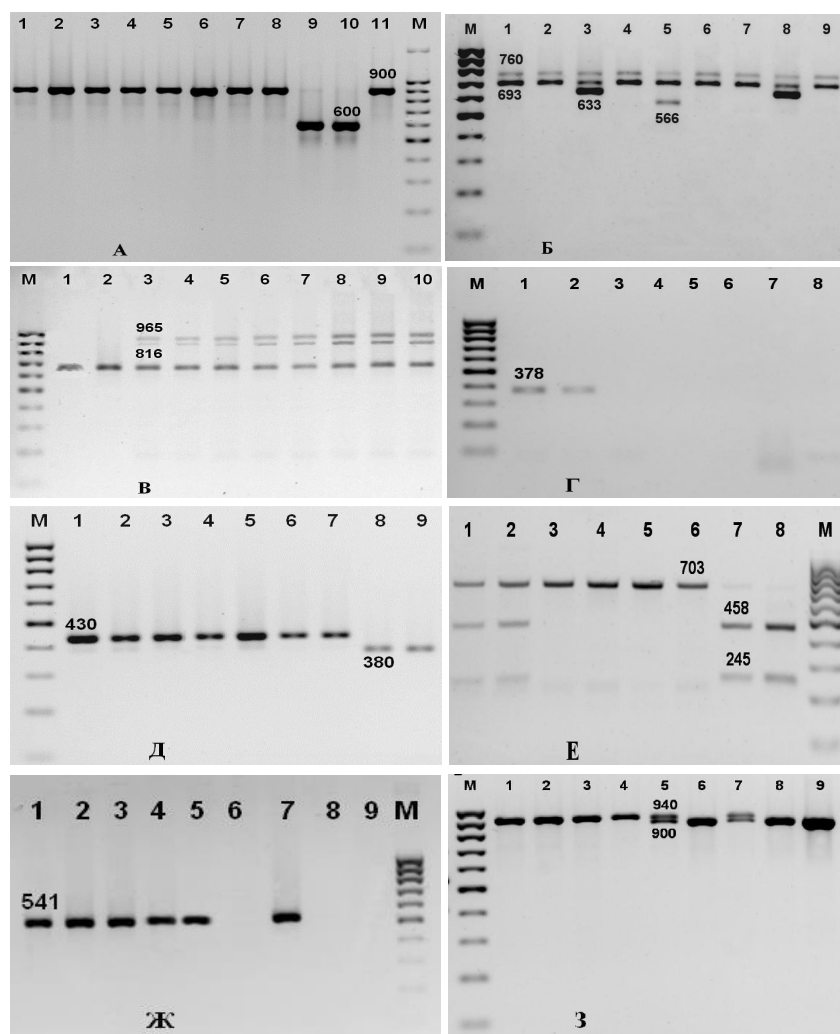


Рисунок 2 – Фрагменты продуктов амплификации/рестрикции ДНК-образцов:
М – маркер молекулярного веса (1500 bp); **А** – NC-6678F/NC-6678R: 1, 2 – Линия 19-645; 3, 4 – Линия 19-652; 5, 6 – Ирма; 7, 8 – Zafar; 9, 10 – Желтый жемчуг; 11 – Линия 217;
Б – I-2/5F/I-2/5R: 1 – Линия 16-57 × Ирма; 2 – Линия 16-57 × Линия 217; 3 – Линия 16-57 × Линия 221; 4 – Линия 19-612 × Zafar; 5 – Линия 19-612 × Желтый жемчуг; 6 – Линия 19-612 × Ирма; 7 – Линия 19-612 × Линия 217; 8 – Линия 19-612 × Линия 221; 9 – Линия 19-645 × Zafar; **В** – Cf4-158F/Cf4-974R: 1 – Линия 20-1272/3; 2 – Линия 20-1272/4; 3 – Линия 20-1272/5; 4 – Линия 20-1272/6; 5 – Линия 20-1272/5-1; 6 – Линия 16-8 × Zafar; 7 – Линия 16-8 × Желтый жемчуг; 8 – Линия 16-8 × Ирма; 9 – Линия 16-8 × Линия 217; 10 – Линия 16-8 × Линия 221; **Г** – CS5/DS1/CS1: 1, 2 – Линия 16-8; 3 – Линия 16-57; 4 – Линия 19-612; 5 – Линия 19-645; 6 – Линия 19-652; 7 – Ирма; 8 – Zafar;
Д – Mi23F/Mi23R: 1 – Линия 19-652; 2 – Ирма; 3 – Zafar; 4 – Желтый жемчуг; 5 – Линия 217; 6 – Линия 221; 7 – Линия № 4; 8 – Линия 20-1272/1; 9 – Линия 20-1272/2;
Е – Tm2RS-f3/ Tm2RS-r3 (HpaI): 1, 2 – Линия № 4 × Zafar; 3, 4 – Zafar; 5, 6 – Желтый жемчуг; 7, 8 – Линия № 4; **Ж** – Sw5-f2/Sw5-r2 и **З** – Sw421-1/Sw421-2: 1 – Линия 20-1272/1; 2 – Линия 20-1272/2; 3 – Линия 20-1272/3; 4 – Линия 20-1272/4; 5 – Линия 20-1272/5; 6 – Линия 20-1272/6; 7 – Линия 20-1272/5-1; 8 – Линия 20-1247; 9 – Линия 20-1250

При проведении амплификации с праймером Cf4-158F/Cf4-974R синтезируются фрагменты размером 816 п. н. (аллель *Cf-4*) и 965 п. н. (аллель *Cf-4A*), которые свидетельствуют о наличии устойчивости (рис. 2В). Аллели устойчивости выявлены у сорта Желтый жемчуг, Линии 16-8 и у гибридов с ними, а также у Линии 20-1272/1, Линии 20-1272/5, Линии 20-1272/6, Линии 20-1272/5-1, Линии 20-1433 и Линии 20-1251.

У гена *Cf-9* о наличии аллелей устойчивости свидетельствуют фрагменты размером 378 п. н. (аллель *Cf-9*) и 507 п. н. (аллель *9DC*). Аллель устойчивости *Cf-9* обнаружен у Линии 16-8, сорта Желтый жемчуг и у гибридов с участием этих линий (рис. 2Г).

При амплификации с функциональным SCAR-маркером к гену *Mi-1.2* (рис. 2Д) ожидался фрагмент размером 430 п. н., свидетельствующий о наличии аллеля восприимчивости, и фрагмент размером 380 п. н., свидетельствующий о наличии доминантного аллеля локуса *Mi-1.2* [13]. У Линии 20-1525 обнаружено два фрагмента: 380 и 430 п. н., что указывает на гетерозиготное состояние исследуемого гена. После электрофоретического анализа у Линии 20-1272/1, Линии 20-1272/2, Линии 20-1272/3, Линии 20-1272/4, Линии 20-1272/5, Линии 20-1272/6, Линии 20-1272/5-1, Линии 20-1457 и Линии 20-1432 выявлен аллель устойчивости в доминантном гомозиготном состоянии.

Использование CAPS-маркера Tm2RS-f3/Tm2RS-r3 позволяет амплифицировать фрагмент ДНК размером 703 п. н. У образцов, несущих аллели устойчивости к вирусу мозаики томата (*Tm-2* или *Tm-2²*), продукт амплификации разрезается эндонуклеазами *HpaI* (458 и 245 п. н.) и *BsiHKai* (358 и 353 п. н.), у восприимчивых образцов рестрикция не проходит [12]. У Линии № 4 и гибридов с ней после рестрикции с эндонуклеазой *HpaI* образовывались два фрагмента 458 и 245 п. н. (рис. 2Е). Однако фрагмент 703 п. н. в данных образцах не разрезался эндонуклеазой *BsiHKai*, что свидетельствует о наличии в геноме аллелей *Tm-2²*. У остальных образцов фрагмент 703 п. н. не разрезался ни одной из эндонуклеаз, поэтому они не имеют генетической детерминанты устойчивости к вирусу мозаики томатов. Их аллельный состав – *tm-2/tm-2* (рецессивная гомозигота).

Идентификацию гена *Sw 5* осуществляли с использованием двух маркеров: Sw-5b и Sw-421 [10, 30]. У образцов, показавших наличие специфического фрагмента длиной 541 п. н. при амплификации с маркером Sw-5b (рис. 2Ж), отмечалось также наличие фрагмента размером 940 п. н. (отдельно или в сочетании с фрагментом 900 п. н.) в результате амплификации с маркером Sw-421 (рис. 2З). Аллель устойчивости (940 п. н.) в гомозиготном состоянии обнаружен у Линии 20-1272/1, Линии 20-1272/2, Линии 20-1272/3, Линии 20-1272/4; в гетерозиготном состоянии – у Линии 20-1272/5, Линии 20-1272/5-1, Линии 20-1457, Линии 20-1432 и Линии 20-1306. Следовательно, оба маркера позволяют идентифицировать образцы с аллелями устойчивости к вирусу бронзовости, маркер Sw-421 дифференцирует их на гомозиготные и гетерозиготные.

Таким образом, выявлен ряд ценных образцов, обладающих аллелями генов устойчивости к болезням и генами качества плодов среди родительских

компонентов скрещивания, гибридов первого поколения, полученных с их участием (табл. 2), а также среди селекционных линий (табл. 3). Учитывая, что в геноме томата насчитывается около 35 000 генов, к настоящему времени известна нуклеотидная последовательность и локализация более 1 300 генов, полученная нами информация о генетической детерминации некоторых признаков в изучаемых образцах позволяет оценить лишь отдельные характеристики, проявление которых обусловлено небольшим количеством локусов. Приоритетным способом оценки достоинств изучаемых образцов остаются классические полевые испытания, в частности по реализованной урожайности.

Таблица 2 – Наличие ценных аллелей и товарная урожайность гибридов F₁

Образец	Ценные аллели	Товарная урожайность, кг/м ²		
		2021 г.	2022 г.	среднее
Адапт F ₁ контроль	<i>b*</i> , <i>Ph-3</i>	3,92	4,09	4,01
Линия 16-8	<i>b</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	2,69	3,53	3,11
Линия 16-57	<i>b</i>	5,21	4,46	4,84
Линия 19-612	<i>t</i> , <i>og^c</i>	6,74	5,03	5,89
Линия 19-645	<i>b</i>	3,62	3,60	3,61
Линия 19-652	<i>b</i>	2,18	3,42	2,80
Zafar	<i>b</i>	3,69	4,33	4,01
Желтый жемчуг	<i>b</i> , <i>Ph-3</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	2,12	1,61	1,87
Ирма	<i>b</i>	3,96	4,06	4,01
Линия 217	<i>t</i> , <i>b</i>	3,18	2,82	3,00
Линия 221	<i>og^c</i> , <i>I-2</i>	5,13	5,84	5,49
Линия № 4	<i>b</i> , <i>Tm-2²</i>	3,03	2,59	2,81
Линия 16-8 × Zafar	<i>b</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	5,98	3,92	4,95
Линия 16-8 × Желтый жемчуг	<i>b</i> , <i>Ph-3</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	5,84	5,37	5,61
Линия 16-8 × Ирма	<i>b</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	3,60	3,44	3,52
Линия 16-8 × Линия 217	<i>t</i> , <i>b</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	4,97	3,66	4,32
Линия 16-8 × Линия 221	<i>b</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	4,44	5,53	4,99
Линия 16-57 × Zafar	<i>b</i>	5,37	4,69	5,03
Линия 16-57 × Желтый жемчуг	<i>b</i> , <i>Ph-3</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	6,50	5,76	6,13
Линия 16-57 × Ирма	<i>b</i>	7,84	6,35	7,10
Линия 16-57 × Линия 217	<i>t</i> , <i>b</i>	4,83	3,72	4,28
Линия 16-57 × Линия 221	<i>b</i> , <i>I-2</i>	6,33	6,29	6,31
Линия 19-612 × Zafar	<i>t</i> , <i>b</i>	7,25	4,14	5,70
Линия 19-612 × Желтый жемчуг	<i>t</i> , <i>b</i> , <i>Ph-3</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	8,70	6,47	7,59
Линия 19-612 × Ирма	<i>t</i> , <i>b</i>	6,57	3,94	5,26
Линия 19-612 × Линия 217	<i>t</i> , <i>b</i>	4,96	3,00	3,98
Линия 19-612 × Линия 221	<i>t</i> , <i>b</i> , <i>I-2</i>	7,41	6,00	6,71
Линия 19-645 × Zafar	<i>b</i>	5,41	3,76	4,59
Линия 19-645 × Желтый жемчуг	<i>b</i> , <i>Ph-3</i> , <i>I-2</i> , <i>Cf-4</i> , <i>Cf-9</i>	5,20	5,39	5,30
Линия 19-645 × Ирма	<i>b</i>	3,79	4,09	3,94
Линия 19-645 × Линия 217	<i>t</i> , <i>b</i>	4,23	2,88	3,56
Линия 19-645 × Линия 221	<i>b</i> , <i>I-2</i>	4,92	4,12	4,52
Линия 19-652 × Zafar	<i>b</i>	4,33	4,39	4,36

Образец	Ценные аллели	Товарная урожайность, кг/м ²		
		2021 г.	2022 г.	среднее
Линия 19-652 × Желтый жемчуг	<i>b, Ph-3, I-2, Cf-4, Cf-9</i>	6,39	4,69	5,54
Линия 19-652 × Ирма	<i>b</i>	4,89	3,67	4,28
Линия 19-652 × Линия 217	<i>t, b</i>	6,18	3,65	4,92
Линия 19-652 × Линия 221	<i>b, I-2</i>	4,73	5,04	4,89
Линия № 4 × Zafar	<i>b, Tm-2²</i>	4,52	3,19	3,86
Линия № 4 × Желтый жемчуг	<i>b, Ph-3, I-2, Cf-4Cf-9, Tm-2²</i>	4,92	5,99	5,46
Линия № 4 × Ирма	<i>b, Tm-2²</i>	4,18	3,03	3,61
Линия № 4 × Линия 217	<i>t, b, Tm-2²</i>	2,66	2,02	2,34
Линия № 4 × Линия 221	<i>b, I-2, Tm-2², I-2</i>	4,99	5,31	5,15
НСР ₀₅		2,049	1,169	

*b** – аллель CYCB из *S. lycopersicum*.

Таблица 3 – Наличие ценных аллелей и товарная урожайность линий

Образец	Ценные аллели	Товарная урожайность, кг/м ²		
		2021 г.	2022 г.	среднее
Ирма контроль	<i>b*</i>	3,96	4,06	4,01
Линия 20-1477	<i>b, Ph-3</i>	4,64	5,47	5,06
Линия 20-1476	<i>b, Ph-3</i>	3,70	4,51	4,10
Линия 20-1449	<i>t, b</i>	5,30	3,93	4,61
Линия 20-1451	<i>B**</i>	4,23	4,23	4,23
Линия 20-1457	<i>og^c, Ph-3, Sw 5b, Sw 421, Mi-1.2</i>	5,98	4,25	5,12
Линия 20-1432	<i>b, Ph-3, Sw 5b, Sw 421, I-2, Mi-1.2</i>	3,35	4,16	3,76
Линия 20-1433	<i>og^c, Cf-4</i>	7,58	5,98	6,78
Линия 20-1510	<i>b, I-2</i>	3,71	3,89	3,80
Линия 20-1526	<i>B</i>	4,99	4,69	4,84
Линия 20-1247	<i>og^c</i>	5,89	5,95	5,92
Линия 20-1250	<i>b, Ph-3</i>	3,50	3,27	3,39
Линия 20-1252	<i>B**, Ph-3</i>	3,20	3,95	3,58
Линия 20-1257/1	<i>B</i>	8,46	7,12	7,79
Линия 20-1251	<i>b, Cf-4</i>	5,86	4,81	5,34
Линия 20-1259	<i>B</i>	7,19	6,13	6,66
Линия 20-1263	<i>b, I-2</i>	6,29	3,97	5,13
Линия 20-1264	<i>b, I-2</i>	7,18	4,78	5,98
Линия 20-1265	<i>t, b</i>	6,04	5,09	5,56
Линия 20-1266	<i>og^c, I-2</i>	5,97	3,76	4,87
Линия 20-1268	<i>b, Ph-3</i>	5,46	4,91	5,19
Линия 20-1274	<i>og^c, I-2</i>	6,14	5,55	5,84
Линия 20-1293	<i>og^c</i>	8,34	7,14	7,74
Линия 20-1306	<i>b, Ph-3, Sw 5b, Sw 421, I-2</i>	7,10	5,59	6,34
Линия 20-1347	<i>b, I-2</i>	6,11	4,97	5,54
Линия 20-1354	<i>b, I-2</i>	4,70	3,47	4,09

Название образца	Ценные аллели	Товарная урожайность, кг/м ²		
		2021 г.	2022 г.	среднее
Линия 20-1359	<i>b, I-2</i>	5,18	5,54	5,36
Линия 20-1369	<i>b, Ph-3</i>	4,85	5,13	4,99
Линия 20-201 ИГЦ	<i>b, Ant</i>	4,67	4,79	4,73
Линия 20-24-1 ИГЦ	<i>b, Ant</i>	1,98	2,16	2,07
Линия 20-Х ИГЦ	<i>b, Ant</i>	3,08	2,84	2,96
Линия 20-25-1 ИГЦ	<i>b, Ant</i>	2,81	2,66	2,73
Линия 20-166-ЗИГЦ	<i>t, b, Ant</i>	8,88	6,22	7,55
Линия 20-1272/1	<i>b, Ph-3, Sw 5b, Sw 421, I-2, Mi-1.2, Cf-4</i>	3,82	3,23	3,52
Линия 20-1272/2	<i>b, Ph-3, Sw 5b, Sw 421, I-2, Mi-1.2</i>	5,26	5,06	5,16
Линия 20-1272/3	<i>b, Ph-3, Sw 5b, Sw 421, I-2, Mi-1.2</i>	4,16	4,27	4,21
Линия 20-1272/4	<i>b, Ph-3, Sw 5b, Sw 421, I-2, Mi-1.2</i>	3,22	3,11	3,17
Линия 20-1272/5	<i>b, Ph-3, Sw 5b, Sw 421, I-2, Mi-1.2, Cf-4</i>	3,39	3,02	3,21
Линия 20-1272/6	<i>b, I-2, Mi-1.2, Cf-4</i>	3,80	4,33	4,07
Линия 20-1272/5-1	<i>b, Ph-3, Sw 5b, Sw 421, I-2, Mi-1.2, Cf-4</i>	3,04	2,88	2,96
Линия 21-974	<i>b, Ph-3</i>	3,72	3,35	3,53
НСР ₀₅		2,410	1,823	

*b** – аллель CYCB из *S. lycopersicum*; *B*** – аллель CYCB из *S. pennellii*.

По результатам двухлетней полевой оценки урожайности выделены гибриды (Линия 16-8 × Zafar, Линия 16-8 × Желтый жемчуг, Линия 16-57 × Желтый жемчуг, Линия 19-612 × Желтый жемчуг, Линия 19-612 × Линия 221, Линия 19-645 × Желтый жемчуг, Линия № 4 × Желтый жемчуг, Линия № 4 × Линия 221) с высокими значениями товарной урожайности (4,95–7,59 кг/м²) и наличием аллелей ценных признаков.

Выделены образцы с плодами различной окраски, которая зависит от пигментного состава (рис. 3).

По комплексу признаков урожайности в сочетании с генетической детерминацией аллелей устойчивости к болезням и/или качества плода выделены перспективные линии (Линия 20-1433, Линия 20-1247, Линия 20-1257/1, Линия 20-1251, Линия 20-1259, Линия 20-1264, Линия 20-1265, Линия 20-1274, Линия 20-1293, Линия 20-1306, Линия 20-1347, Линия 20-1359, Линия 20-166-ЗИГЦ), сформировавшие товарную урожайность 5,06–7,79 кг/м² в среднем за два года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Адаптированы методики ДНК-типирования образцов томата по аллелям генов качества плодов, определяющих повышенное накопление каротиноидов и антоцианов, а также генов устойчивости к бронзовости, кладоспориозу,



Линия 20-201 ИГЦ (*b*, *Ant*)

Линия 20-1526 (*B*)

Линия 20-1457 (*og^c*)

Рисунок 3 – Образцы томата с различным сочетанием каротиноидных и флавоноидных пигментов

фитофторозу, мелойдогинозу, фузариозу путем оптимизации концентраций *dNTP*, полимеразы, ионов магния в составе реакционной смеси, а также температуры отжига при проведении амплификации. Установлена высокая эффективность выявления гомозиготных и гетерозиготных форм. Выделены образцы, содержащие аллели ценных признаков.

В результате испытания по комплексу хозяйственно ценных признаков выявлены гибриды F_1 и линии, сочетающие высокую урожайность с генетической детерминацией аллелей устойчивости к болезням и/или содержания каротиноидов и антоцианов в плодах. Созданный новый линейный материал можно использовать с целью получения гибридов томата для открытого грунта с комплексом ценных аллелей.

Список использованных источников

1. Иммуитет растений / В. А. Шкаликков [и др.] ; под ред. проф. В. А. Шкаликова. – М. : Колосс, 2005. – С. 117–121.
2. Dixon, R. A. Natural products and plant disease resistance / R. A. Dixon // Nature. – 2001. – V. 411, № 6839. – P. 843–847.
3. More on the efficiency of marker-assisted selection / F. Hospital [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 1997. – Vol. 95. – P. 1181–1189.
4. Standardization and application of microsatellite markers for variety identification in tomato and wheat / B. Vosman [et al.] // Acta Hort. – 2001. – Vol. 546. – P. 307–316.
5. Карлов, Г. И. Молекулярно-генетические и молекулярно-цитогенетические подходы для ускоренного создания селекционного материала растений с заданными свойствами : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.23; 03.00.15 / Г. И. Карлов ; Московская с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. – М., 2009. – 50 с.
6. Кузёменский, А. В. Селекционно-генетические исследования мутантных форм томата / А. В. Кузёменский ; под ред. Т. К. Горовой. – Харьков, 2004. – 392 с.
7. Молекулярные технологии в селекции томата (*Solanum lycopersicum* L.) / А. В. Кильчевский [и др.] // Генетические основы селекции растений : в 4 т. / Нац.

акад. наук Беларуси, Ин-т генетики и цитологии ; науч. ред. А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Беларус. навука, 2014. – Т. 4: Биотехнология в селекции растений. Геномика и генетическая инженерия. – Гл. 11. – С. 290–344.

8. Фесенко, И. А. Создание ДНК-маркера гена устойчивости томата к фузариозному увяданию / И. А. Фесенко, М. Ю. Куклев, Г. И. Карлов // Изв. Тимирязевской с.-х. акад. – 2007. – Вып. 1. – С. 66–72.

9. Szczechura, W. Tomato malecular markers / W. Szczechura, M. Staniaszek, H. Habdas // Vegetable crops research bulletin. – 2011. – Vol. 74. – P. 5–23.

10. Identification of molecular markers for Sw-5 gene of tomato spotted wilt virus resistance / A. Shi [et al.] // Am. J. Biotechnol. Mol. Sci. – 2011. – P. 8–16.

11. Shuan-CanYu. A co-dominant molecular marker of fusarium wilt resistance gene I-2 derived from gene sequence in tomato / Shuan-CanYu, ZOU Yan-Min1, Yan-Min // Hereditas (Beijing). – 2008. – Vol. 30, № 7. – P. 926–932.

12. Molecular Markers for Tm2 Alleles of Tomato Mosaic Virus Resistance in Tomato / A. Shi [et al.] // Am. J. of Plant Science. – 2011. – Vol. 2, № 2. – P. 180–189.

13. A co-dominant SCAR marker, Mi23, for detection of the Mi-1.2 gene for resistance to root-knot nematode in tomato germplasm [Electronic resource] / B. E. Garcia [et al.]. – Mode of access: www.plantpath.wisc.edu. – Date of access: 22.10.2022.

14. Создание молекулярных маркеров генов устойчивости к кладоспориозу томата / З. Е. Грушецкая [и др.] // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2007. – № 3. – С. 23–27.

15. Identification and Ds-tagged isolation of a new gene at the Cf-4 locus of tomato involved in disease resistance to *Cladosporium fulvum* race 5 / F. L. Takken [et al.] // Plant J. – 1998 – Vol. 14 (4). – P. 401–411.

16. Development of molecular markers linked to *Cladosporium fulvum* resistant gene Cf-6 in tomato by RAPD and SSR methods / A. Wang [et al.] // HortScience. – 2007. – Vol. 42, № 1. – P. 11–15.

17. Genetic mapping of Ph-2, a single locus controlling partial resistance to *Phytophthora infestans* in tomato / P. Moreau [et al.] // Molecular Plant-Microbe Interactions. – 1998. – Vol. 11. – P. 259–269.

18. Molecular markers associated with Ph-3 gene conferring late blight resistance in tomato / D. R. Panthee [et al.] // American Journal of Plant Sciences. – 2015. – Vol. 6, № 13. – P. 2144–2150.

19. Eckardt, N. A. Tangerine dreams: cloning of carotenoid isomerase from *Arabidopsis* and tomato / N. A. Eckardt // Plant cell. – 2002. – Vol. 14. – P. 289–292.

20. Tomato / Genome mapping and molecular breeding in plants / J. A. Labate [et al.] // Vegetables. – 2007. – Vol. 5. – P. 1–126.

21. Molecular aspects of Anthocyanin fruit tomato in relation to high pigment-1 / M. Sapir [et al.] // Journal of Heredity. – 2008 May-Jun. – Vol. 99 (3). – P. 292–303.

22. ДНК-типирование генов качества плодов и устойчивости к болезням томата : метод. рекомендации / А. В. Кильчевский [и др.] ; Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2016. – 41 с.

23. Создание гибридов F₁ томата черри на стерильной основе с использованием методов классической и маркер-сопутствующей селекции /

О. Г. Бабак [и др.] // Молекулярная и прикладная генетика : сб. науч. тр. / Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси ; редкол.: А. В. Кильчевский (гл. ред) [и др.]. – Минск : Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси, 2020. – Т. 29. – С. 5–17.

24. Genetic bases of tomato marker-assisted selection in Belarus / O. G. Babak [et al.] // Eurobiotech. J. – 2018. – Vol. 2, № 2. – P. 128–135. <https://doi.org/10.2478/ebtj-2018-0017>.

25. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – С. 208–268.

26. An alternative pathway to b-carotene formation in plant chromoplasts discovered by map-based cloning of Beta and old-gold color mutations in tomato / G. Ronen [et al.] // PNAS. – 2000. – Vol. 97 (20). – P. 11102–11107.

27. Оценка и применение молекулярных маркеров в селекции на устойчивость томата (*Solanum lycopersicum* L.) к фитофторе (*Phytophthora infestans*) / О. Г. Бабак [и др.] // Молекулярная и прикладная генетика : сб. науч. тр. / Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси ; редкол.: А. В. Кильчевский (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Ин-т генетики и цитологии НАН Беларуси, 2021. – Т. 31. – С. 22–30.

28. Novel disease resistance specificities result from sequence exchange between tandemly repeated genes at the Cf-4/9 locus of tomato / M. Parniske [et al.] // Cell. – 1997. – Vol. 91 (6). – P. 821–832.

29. Intragenic recombination generated two distinct Cf genes that mediate AVR9 recognition in the natural population of *Lycopersicon pimpinellifolium* / R. A. Van der Horn [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. – 2001. – Vol. 98 (18). – P. 10493–10498.

30. Marker assisted identification of Tospovirus resistant tomato genotypes in segregating progenies / I. R. D. Nascimento [et al.] // Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.). – 2009. – Vol. 66. – № 3. – P. 298–303.

Поступила в редакцию 28 ноября 2022 г.

**I. G. Pugacheva, A. V. Frantsuzenok, I. E. Baeva, N. Yu. Leschina,
M. M. Dobrodin, N. A. Nekrashevich, O. G. Babak, A. V. Kilchevskiy**

**USING MOLECULAR MARKER TECHNIQUES FOR DISEASE
RESISTANCE TRAITS AND PIGMENT COMPOSITION OF
FRUITS IN TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) BREEDING
FOR THE OPEN GROUND**

SUMMARY

Using molecular marking methods at the stages of evaluating splitting populations and selecting pairs for crossings, a linear material and tomato F₁ hybrids for open ground were created with a complex of alleles that provide an increased accumulation of a certain composition of carotenoids (tangerine,

Beta, old gold crimson) and anthocyanins (*Ant1*), as well as resistance to some of pests (*Mi-1.2*), fungal (*I-2*, *Cf-4*, *Cf-9*, *Ph-3*) and viral (*Tm-2*, *Sw 5b*, *Sw 421*) infections. Methods were adapted and DNA typing of alleles of fruit quality genes and resistance genes was carried out. Lines and F_1 hybrids containing alleles of valuable traits in combination with high yield and early maturity have been identified.

Key words: tomato; breeding; DNA markers; disease resistance; fruit quality; productivity; open ground.

С. И. Романовский, научный сотрудник

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский район

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПАРАТА ЭФОРИЯ, КС ПРОТИВ ФИТОФАГОВ СЕМЕЙСТВА *THRIPIDAE* НА КАПУСТЕ КОЧАННОЙ

РЕЗЮМЕ

Акцентируется внимание на постепенно растущей проблеме распространения и вредоносности фитофагов (сем. *Thripidae*) в агроценозах капусты кочанной в условиях Республики Беларусь. На фоне сложных биоэкологических аспектов развития популяций в посадках культуры с учетом их негативного влияния на качественные показатели урожая установлена достаточная, на уровне 51,7–79,8 % и 50,0–84,2 % биологическая эффективность препарата Эфория, КС в результате 2-кратного применения с нормой расхода 0,35 и 0,4 л/га соответственно. Ввиду ежегодного обострения энтомологической ситуации отмечена потребность в формировании ассортимента эффективных средств для защиты капусты кочанной против растительноядных трипсов.

Ключевые слова: капуста кочанная; растительноядные трипсы; биологическая эффективность; хозяйственная эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Основная часть насекомых – представителей семейства *Thripidae* широкие полифаги. Благодаря высокой экологической пластичности и гибкости в пищевых предпочтениях популяции растительноядных трипсов встречаются в агробиоценозах многочисленных сельскохозяйственных культур. Постепенное изменение климата, характеризующееся погодными аномалиями и увеличением суммы положительных температур, способствует появлению этих фитофагов в новых, неспецифичных для развития местах обитания [1].

В условиях Республики Беларусь в последние годы участились случаи встречаемости трипсов на растениях капусты кочанной [4]. По нашим наблюдениям, в 2021–2022 гг. в промышленных агроценозах культуры установлено присутствие смешанных популяций фитофагов, включающих до трех видов, относящихся к роду *Thrips* и *Frankliniella*. При этом наиболее распространены популяции трипса табачного *Trips tabaci* Lind.

Согласно литературным данным, развитие фитофагов в посадках капусты кочанной может приводить к потере более чем 20 % урожая товарной продукции в результате отходов поврежденных кочанных листьев [4]. Как правило, высокую степень вредоносности имаго и личинок отмечают на ранних сортах и гибридах, что связано с наибольшей активностью трипсов в летний период – на этапе формирования конечного продукта уборки. Отмирание клеток мезофилла в местах проколов, оставленных при питании фитофагов на

листьях среднепоздних и поздних гибридов, также способствует существенному снижению товарности кочанов в период длительного хранения [4, 5].

Ввиду сложного морфологического строения растений капусты и биологических особенностей вредителей, обусловленных выбором мест для питания и жизнедеятельности преимущественно в пазухах кочанных листьев, основным признаком их присутствия на растении являются характерные повреждения в виде бородавчатых наростов (эдем) и светло-коричневых пятен, экскрементов [5].

Скрытый образ жизни фитофагов семейства *Thripidae* зачастую становится причиной снижения эффективности проводимых защитных мероприятий в посадках капусты. Неуверенность в полном подавлении популяций заставляет производителей применять инсектициды в качестве профилактической меры до начала образования кочана. Иногда стратегии защиты капусты от трипсов заключаются в обработке субстрата при посадке растений, так как часть популяций в виде покоящихся стадий (нимфа, прониимфа) находится в почве [5].

Ввиду постепенного обострения проблемы растительоядных трипсов в посадках капусты кочанной в Республике Беларусь и на фоне установленных биоэкологических аспектов в развитии популяций фитофагов необходима разработка системы защитных мероприятий с учетом совершенствования агротехнических приемов, выведения и внедрения устойчивых сортов и гибридов, поиска эффективных препаратов [4].

Таким образом, целью наших исследований являлась оценка перспективности двухкомпонентного инсектицида Эфория, КС (лямбда-цигалотрин, 106 г/л + тиаметоксам, 141 г/л) для защиты капусты кочанной против растительоядных трипсов на основании изучения его биологической и хозяйственной эффективности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования по оценке биологической и хозяйственной эффективности препарата Эфория, КС проведены на опытном поле РУП «Институт защиты растений» в двух вегетационных сезонах. В 2021 г. мелкоделяночный опыт заложен в посадках капусты кочанной среднепозднего срока созревания сорта Белорусская 85. В 2022 г. эффективность инсектицида против трипсов изучали на среднеспелом гибриде Куизор F₁.

Закладку и проведение мелкоделяночных опытов осуществляли согласно общепринятой методике [3]. Расположение деленок рендомизированное. Площадь опытной деланки 25 м², повторность 4-кратная.

Препарат Эфория, КС применяли в нормах расхода 0,35 и 0,4 л/га 2-кратно при появлении единичных особей растительоядных трипсов в посадках капусты кочанной.

В ходе изучения биологической и хозяйственной эффективности препарата Эфория, КС за вегетационный период проведено два учета повреждения растений трипсами. Первый учет осуществляли в фазе образования плотного кочана, при достижении 50 % ожидаемого диаметра от уборочного

(ВВСН 45). Во время наблюдений с каждой опытной делянки в 4-кратной повторности срезали по 10 кочанов, выбранных случайным образом. Учет поврежденности проводили на каждом последовательно расположенном листе, за исключением верхнего (защитного), предварительно отделив их от кочана. Разбор продолжали до обнаружения 4-х листовых пластин без видимых повреждений. По каждому листу визуально определяли долю поверхности, поврежденную трипсами, в соответствии со шкалой от 0 до 1 (в баллах), принимая всю площадь листа за единицу, где 0,1 означает, что 10 % поверхности повреждено, 0,25 – 25 % и т. д. Второй учет проводили аналогичным образом непосредственно во время уборки (после учета общей урожайности с делянок) при увеличении количества анализируемых кочанов до 20-ти.

В результате отсутствия возможности получения достоверной информации по численности растительноядных трипсов в посадках капусты кочанной ввиду биоэкологических аспектов развития популяций и морфологического строения растений, биологическую эффективность препарата Эфория, КС рассчитывали на основании данных по поврежденности листовой поверхности относительно варианта без обработки, используя формулу Аббота [3].

Для анализа хозяйственной эффективности сопоставляли величины сохраненного урожая после зачистки кочанов в сравнении с вариантом без применения средств защиты растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В вегетационном сезоне 2021 г. присутствие единичных имаго вредителей на сорте капусты кочанной среднепозднего срока созревания Белорусская 85 фиксировали в 3-й декаде июня в фазе листовой мутовки. Однако на фоне погодных условий, характеризующихся максимальными температурами воздуха +30...+35 °С в дневное время и минимальными параметрами в ночные часы +4...+14 °С с достаточно частыми атмосферными осадками при отклонении от нормы 13,6–135,2 % в июне – июле, наблюдали растянутое заселение растений взрослыми особями фитофагов. Таким образом, первая обработка посадок капусты препаратом Эфория, КС в 2021 г. была проведена в начале июля при равномерном распределении единичных имаго трипсов на опытном участке и установлении тенденции к увеличению плотности популяции в фазе листовой мутовки (ВВСН 19). Повторное опрыскивание осуществляли через 8 дней при обнаружении личиночных стадий развития в основной фазе листовой мутовки – начало образования рыхлого кочана (ВВСН 19–41).

Поскольку наиболее четкая визуализация повреждений трипсами на растениях капусты кочанной часто отмечается в фазе образования плотного кочана (ВВСН 44–46), так как в данный период идет активный рост листовой пластинки и происходит отмирание клеток мезофилла в местах проколов, оставленных в результате питания имаго и личинок вредителей, первый учет проведен через 56 суток после 2-кратной обработки при достижении 50 % ожидаемого диаметра от уборочного (ВВСН 45). Согласно полученным результатам доля поврежденной листовой поверхности (по шкале от 0 до 1) на делянках

с использованием препарата Эфория, КС в норме расхода 0,35 л/га составила 0,06 балла (6,0 %), при норме 0,4 л/га поврежденность была равна 0,07 балла, что соответствует 7,0 %. В варианте без обработки анализируемый показатель был значительно выше и достигал 21,0 % (0,21 балла). При этом биологическая эффективность изучаемого инсектицида в анализируемый период наблюдений в норме расхода 0,35 л/га составила 71,4 и 66,6 % при норме 0,4 л/га (табл. 1).

В результате повторного учета, проведенного непосредственно при уборке, фиксировали увеличение показателя степени поврежденности листовой поверхности кочанов во всех вариантах опыта, что, на наш взгляд, связано прежде всего с разрастанием некротических пятен в старых местах питания трипсов на фоне визуального отсутствия даже единичных имаго на поверхности растений при установившейся прохладной погоде в октябре. Так, степень поврежденной листовой поверхности кочанов на делянках с использованием препарата Эфория, КС составила 0,29 балла (29,0 %) и 0,3 балла (30,0 %) в соответствии с нормой расхода 0,35 и 0,4 л/га. В варианте без обработки поврежденность достигала 60,0 %, или 0,6 балла. На этапе учета поврежденной листовой поверхности кочанных листьев в ходе уборки показатель биологической эффективности изучаемого инсектицида достигал 51,7 и 50,0 % соответственно при норме расхода 0,35 и 0,4 л/га.

По причине частого выпадения атмосферных осадков в вегетационном сезоне 2022 г. в мае – июне наибольшая встречаемость взрослых особей и тенденция к увеличению плотности популяций в посадках среднеспелого гибрида Куизор F₁ установлены при наблюдениях во второй половине июля в фазе образования рыхлого кочана, что явилось основанием для проведения первой обработки растений препаратом Эфория, КС. Непосредственное влияние погодных условий с частыми атмосферными осадками с отклонением 162 % выше нормы в июле сдерживало интенсивное развитие популяций на опытном участке, что позволило отсрочить проведение повторного опрыскивания растений на 14 дней. В дальнейшем жаркий и засушливый период вегетации, зафиксированный во 2-й и 3-й декадах августа, способствовал

Таблица 1 – Биологическая эффективность препарата Эфория, КС против растительноядных трипсов сем. *Thripidae* на капусте кочанной (сорт Белорусская 85), 2021 г.

Вариант	Норма расхода, л/га	Степень поврежденной листовой поверхности				Биологическая эффективность, %	
		в фазе 50 % ожидаемого диаметра кочана		при уборке		в фазе 50 % ожидаемого диаметра кочана	при уборке
		балл	%	балл	%		
Без обработки	–	0,21	21,0	0,6	60	–	–
Эфория, КС	0,35	0,06	6,0	0,29	29	71,4	51,7
Эфория, КС	0,4	0,07	7,0	0,3	30	66,6	50,0

Примечание. Обработки проведены 08.07.2021 г. и 16.07.2021 г.

стабильному увеличению плотности популяций и, как следствие, высокой поврежденности (57,6–95,2 %) поверхности кочанных листьев культуры в варианте без применения средств защиты растений (табл. 2).

В сложившейся энтомологической ситуации биологическая эффективность препарата Эфория, КС в норме расхода 0,35 л/га при учетах через 14 дней после 2-кратной обработки в фазе достижения 50 % ожидаемого диаметра кочана составила 79,8 % и в течение последующих 15-ти суток к моменту уборки снизилась до 75,8 %. Защитный эффект на опытных делянках с использованием инсектицида в норме 0,4 л/га в анализируемые периоды наблюдений был несколько выше и находился в пределах 83,7–84,2 %. Так, на фоне обеспечения достаточного контроля плотности популяций растительноядных трипсов относительно варианта без обработки 2-кратное опрыскивание растений капусты кочанной препаратом Эфория, КС в норме расхода 0,35 л/га на момент уборки способствовало снижению степени поврежденности листовой поверхности до 23,0 %. Поврежденность кочанов на опытных делянках с увеличением нормы расхода инсектицида до 0,4 л/га составила 15,0 %.

В результате общего анализа данных в целом за два года (2021–2022 гг.) исследований установлено, что степень поврежденности кочанных листьев трипсами в вариантах с использованием препарата Эфория, КС при уборке среднепозднего сорта Белорусская 85 оказалась несколько выше (29,0–30,0 %), чем на гибриде средней спелости Куизор F₁ (15,0–23,0 %), что, вероятно, связано с разрастанием некротических пятен на фоне более длительного онтогенеза растений при отсутствии благоприятных условий для активной жизнедеятельности популяций в осенний период. Сохраненный урожай товарных кочанов после зачистки в посадках капусты кочанной Белорусская 85 в варианте с 2-кратным применением препарата Эфория, КС в норме расхода 0,35 л/га составил 44,8 ц/га, при норме 0,4 л/га – достигал 45,1 ц/га относительно варианта без обработки (табл. 3).

Ввиду более ранней уборки гибрида Куизор F₁ достоверная прибавка полученной товарной продукции была выше и достигала 60,9 и 84,9 ц/га соответственно нормам расхода инсектицида 0,35 и 0,4 л/га (табл. 4).

Таблица 2 – Биологическая эффективность препарата Эфория, КС против растительноядных трипсов сем. *Thripidae* на капусте кочанной (Куизор F₁), 2022 г.

Вариант	Норма расхода, л/га	Степень поврежденной листовой поверхности				Биологическая эффективность, %	
		в фазе 50 % ожидаемого диаметра кочана		при уборке		в фазе 50 % ожидаемого диаметра кочана	при уборке
		балл	%	балл	%		
Без обработки	–	0,576	57,6	0,952	95,2	–	–
Эфория, КС	0,35	0,116	11,6	0,23	23,0	79,8	75,8
Эфория, КС	0,4	0,094	9,4	0,15	15,0	83,7	84,2

Примечание. Обработки проведены 19.07.2022 г. и 02.08.2022 г.

Таблица 3 – Хозяйственная эффективность препарата Эфория, КС на капусте кочанной (сорт Белорусская 85), 2021 г.

Вариант	Норма расхода, л/га	Урожайность, ц/га		Убыль массы кочанов	Товарность кочанов	Сохраненный урожай товарной продукции	
		до зачистки	после зачистки	%	%	ц/га	%
Без обработки	–	188,7	123,9	34,3	65,6	–	–
Эфория, КС	0,35	236,6	168,7	28,7	71,2	44,8	36,2
Эфория, КС	0,4	236,8	169,0	28,6	71,3	45,1	36,4
НСР ₀₅		8,37	16,1				

Таблица 4 – Хозяйственная эффективность препарата Эфория, КС на капусте кочанной (Куизор F₁), 2022 г.

Вариант	Норма расхода, л/га	Урожайность, ц/га		Убыль массы кочанов	Товарность кочанов	Сохраненный урожай товарной продукции	
		до зачистки	после зачистки	%	%	ц/га	%
Без обработки	–	248,6	154,9	37,7	62,3	–	–
Эфория, КС	0,35	290,3	215,8	25,7	74,3	60,9	39,3
Эфория, КС	0,4	315,2	239,8	23,9	76,1	84,9	54,8
НСР ₀₅		15,05	57,71				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные результаты наших исследований позволяют констатировать высокую хозяйственную эффективность препарата Эфория, КС за счет сохранения товарных качеств кочанов. Исходя из особенностей биологии развития популяций растительноядных трипсов с учетом их негативного влияния на качественные показатели урожая капусты, полученная в целом за два года биологическая эффективность инсектицида в пределах 50,0–51,7 % при уборке в 2021 г. и 75,8–84,2 % в аналогичный период в 2022 г. свидетельствует о достаточном пролонгирующем действии инсектицида (более 50 суток).

В связи с полученными в наших исследованиях высокими результатами по биологической и хозяйственной эффективности препарат Эфория, КС был рекомендован для включения в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь в качестве инсектицида против растительноядных трипсов в посадках капусты кочанной [2].

Вместе с тем постепенное увеличение встречаемости фитофагов семейства *Thripidae* и, соответственно, возрастание их вредоносности в агроценозах капусты кочанной в условиях Республики Беларусь наряду с имеющимися

в литературе данными, демонстрирующими быстрое образование устойчивых популяций, обуславливает необходимость поиска новых соединений для формирования актуального ассортимента препаратов и обеспечения антирезистентной стратегии в защите культуры от растительноядных трипсов.

Список использованных источников

1. Байрамбеков, Ш. Б. Распространение табачного трипса в орошаемых агроценозах дельты Волги / Ш. Б. Байрамбеков, Н. К. Дубровин // Защита и карантин растений. – 2020. – № 9. – С. 44–45.
2. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь : справ. изд. / Гл. гос. инсп. по семеноводству, карантину и защите растений ; сост.: А. В. Пискун [и др.]. – Минск, 2020. – 742 с.
3. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, радентицидов и феромонов в сельском хозяйстве / Ин-т защиты растений ; под ред. Л. И. Трепашко. – Несвиж, 2009. – 320 с.
4. Трипсы на капусте: большие проблемы от маленького вредителя / С. И. Романовский [и др.] // Наше сельское хоз-во. – 2020. – № 3. – С. 102–105.
5. Шуляк, Н. В. Вредоносность табачного трипса на среднеспелых гибридах капусты белокочанной / Н. В. Шуляк, С. В. Королева // Овощи России. – 2019. – № 4. – С. 85–89.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

S. I. Romanovskiy

EFFICIENCY OF EFORIA, CS AGAINST TRIPIDAE PHYTOPHAGES ON CABBAGE

SUMMARY

The article focuses on the gradually growing problem of the spread and harmfulness of phytophages (fam. Tripidae) in cabbage agroecosystems under the conditions of the Republic of Belarus. Against the background of complex bioecological aspects of population development in crop plantings, taking into account their negative impact on the qualitative parameters of the crop, sufficient biological efficacy of Eforia, CS was established at the level of 51.7–79.8 % and 50.0–84.2 % as a result of double use with a consumption rate of 0.35 and 0.4 l/ha, respectively. Due to the annual aggravation of the entomological situation, there was a need to form an assortment of effective means for protecting cabbage from phytivorous thrips.

Key words: cabbage; phytivorous thrips; biological efficiency; economic efficiency.

Т. В. Сачивко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры ботаники и физики растений

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

ОЦЕНКА ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ *BORAGO OFFICINALIS* L.

РЕЗЮМЕ

*Приведены результаты исследований по изучению основных хозяйственно полезных признаков местной популяции и нового авторского сорта *Borago officinalis* L.*

В результате исследований установлены основные морфологические, морфометрические и фенологические признаки изучаемых растений бораго, показатели их продуктивности и качества.

Средняя урожайность зеленой массы нового сорта бораго Блакіт составила 60–80 ц/га при урожайности семян 6,0–8,0 ц/га и содержании сырого протеина в зеленой массе 17,8–18,0 %, в семенах – 21,4–21,9 %.

Ключевые слова: бораго (огуречная трава); морфологические, морфометрические и фенологические признаки; продуктивность; качество.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение населения Республики Беларусь разнообразной продукцией растениеводства и овощеводства, в том числе зелеными и пряноароматическими культурами, является важным направлением в общем обеспечении продовольственной безопасности [1–5].

В настоящее время обеспеченность населения нашей страны зелеными и пряными овощами составляет всего около 35 % от рекомендованной нормы (20,4 кг в год на одного человека), что делает особенно актуальным внедрение в производство новых видов и сортов зеленых, пряноароматических и эфирномасличных растений. Расширение существующего ассортимента зеленых, пряноароматических и эфирномасличных культур (в Республике Беларусь возделывается менее 100 видов данных растений) сдерживается недостаточной изученностью сортового разнообразия, биологии и способов возделывания новых и малораспространенных растений, отсутствием в необходимых количествах посевного и посадочного материала, а также отечественных сортов, пригодных к почвенно-климатическим условиям Республики Беларусь. Необходимость расширения ассортимента зеленых, пряноароматических и эфирномасличных культур, обладающих высокой продуктивностью, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды, делает необходимым изучение и выделение наиболее перспективных их видов и форм [2].

Бораго (огуречная трава) относится к малораспространенным пряно-ароматическим культурам в Республике Беларусь. Бурачник лекарственный (бораго, огуречная трава, огуречник) (*Borago officinalis* L.) принадлежит к роду цветковых растений бораго (*Borago* L.) семейства Бурачниковые (*Boraginaceae*).

Центром происхождения огуречной травы является средиземноморское побережье, Сирия. В диком виде произрастает в Малой Азии, странах Южной Европы, Северной Африки и Южной Америки. В небольших масштабах возделывается почти во всех европейских странах как пряноароматическое, овощное и лекарственное растение, а также как хороший медонос главным образом на индивидуальных участках. Встречается также как сорное или полукультурное растение [6–8].

Бораго содержит большое количество полезных веществ и элементов: витамины А, С, В₁, В₂, В₅, В₆, В₉, В₁₂, макроэлементы (калий, кальций, магний, натрий, фосфор и др.), микроэлементы (железо, марганец, медь, селен, цинк и др.), насыщенные и мононенасыщенные жирные кислоты, эфирные масла, полиненасыщенные жиры, белки, незаменимые аминокислоты, углеводы и т. д. [9–16].

Масло бораго с давних времен известно своими целебными и омолаживающими свойствами. Именно поэтому оно широко применяется в косметологии как средство для восстановления чувствительной и увядающей кожи. Также его используют для лечения многих хронических заболеваний. Семена бурачника содержат от 26 до 38 % масла, в состав которого входят олеиновая, гамма-линоленовая и альфа-линоленовая кислоты. Наличие эфирного масла в бурачнике варьирует в пределах 0,01–0,13 % [17–19].

В косметологии, благодаря способности к регенерации и восстановлению клеток, масло бораго используют для укрепления эпидермального барьера, повышения влагоудерживающей способности кожи, ее эластичности, упругости и защитных свойств, снижения воспаления и раздражения. В народной и традиционной медицине применяют для регулирования обмена веществ в организме, восстановления гормонального равновесия между эстрогеном и прогестероном, в комплексной терапии и для профилактики атеросклероза за счет его действия снижать уровень вредного холестерина, в качестве антидепрессанта (способствует выработыванию бета-эндорфинов – гормонов радости), регулирования и поддержания функции надпочечников, укрепления иммунной системы, при лечении язвенной болезни и гастритов, улучшения микроциркуляции крови в сосудах, при лечении экземы, псориаза и себореи, в терапии диабета и бронхиальной астмы [17, 20].

В кулинарии используют растение в пищу в свежем виде в стадии розетки – начале стеблевания для салатов и приправ. Листья употребляют в вареном, тушеном и жареном виде для приготовления супов, закусок, гарниров. Для салатов берут молодые листья, лучше семядольные, которые особенно нежны. С возрастом листья грубеют, и тогда используют сочные мясистые стебли, достигающие 50 см в длину и 3–4 см в диаметре. Траву применяют при солении огурцов, в различных маринадах, для приготовления фарша, холодных

борщей, окрошки, винегретов, холодных блюд, в виде приправ к мясным, рыбным и крупяным блюдам, добавляют к савойской и краснокочанной капусте, в соусы, сливочное масло, сыр, сметану, кефир. Цветки также съедобны. Из свежих цветочков приготавливают освежающие напитки, используют их для ароматизации уксуса, из них готовят варенье и цукаты, в засахаренном виде цветки используют в кондитерских изделиях [6, 17, 21–25].

В сушеном виде растения бораго применяют в ликерной промышленности. Корни, собранные осенью, используют для приготовления зеленого масла, добавляют к сырам, творогу, сметане, для отдушки настоек, вин, пунша, уксуса, сиропов, пива, эссенций и холодных напитков.

Цель исследования – изучить основные хозяйственно полезные признаки местной популяции и нового сорта бораго (огуречной травы) Блакіт.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению основных хозяйственно полезных признаков *Borago officinalis* L. проводили в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» в условиях окультуренной дерново-подзолистой суглинистой почвы.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} – 6,5–6,8, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 390–410 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 370–390 мг/кг, гумуса (0,4 н $K_2Cr_2O_7$) – 2,9–3,1 % (индекс агрохимической окультуренности 1,0).

В ходе исследований изучали коллекционные образцы местной популяции бораго (*Borago officinalis* L.), на основании оценки основных хозяйственно ценных признаков которых методом массового отбора был создан (с включением в Государственный реестр сортов Республики Беларусь) новый сорт огуречной травы Блакіт (авторы: Т. В. Сачивко, В. Н. Босак; заявитель: УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия») [2, 26–31].

Изучение коллекционного материала бораго (огуречной травы) проводили по комплексу морфологических, морфометрических и фенологических признаков, а также по показателям продуктивности и качества товарной продукции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, местная популяция и новый сорт бораго (*Borago officinalis* L.) Блакіт отличались по основным хозяйственно полезным признакам (рис., табл.).

Отбор лучших растений из местной популяции огуречной травы проводили по основным показателям: высота растения, окраска листьев, стебля и венчика, длина вегетационного периода, урожайность зеленой массы и семян.

Высота растений местной популяции огуречной травы составила 50–100 см с окраской стебля и листьев от светло-зеленой до темно-зеленой, из которых отбирались растения 70–80 см с насыщенной зеленой окраской стебля и листьев и темно-голубой окраской венчика.



Рисунок – Новый сорт борago (*Borago officinalis* L.) Блакіт

Таблица – Основные хозяйственно ценные признаки *Borago officinalis* L.

Показатели	Местная популяция	Сорт Блакіт
Морфометрические и фенологические признаки		
Высота растения, см	50–100	70–80
Тип растения	Прямостоячий	
Форма прикорневого листа	Овальная	
Цвет прикорневых листьев	Оттенки зеленого	Насыщенный зеленый
Форма стеблевого листа	Продолговато-яйцевидная	
Цвет стеблевого листа	Оттенки зеленого	Насыщенный зеленый
Край листовой пластины	Волнистый	
Стебель	Ребристый, полый, покрыт жесткими волосками	
Цвет стебля	Оттенки зеленого	Насыщенный зеленый
Цвет венчика	Оттенки синего	Темно-голубой
Тип плода	Орешек	
Форма плода	Продолговато-яйцевидная, мелкобугорчатая	
Цвет семян	Черный	
Вегетационный период, дней	70–120	80–90
Показатели продуктивности		
Зеленая масса, кг/м ²	0,40–0,90	0,60–0,80
Сухое вещество, %	7,6–8,2	7,9
Сырой протеин, %	17,3–18,1	17,8–18,0
Эфирные масла, %	< 0,01	< 0,01
Вкус	Огуречный	
Масса 1 000 семян, г	11,0–19,0	15,0–18,0
Семена, ц/га	4,5–8,5	6,0–8,0
Сырой протеин, % (семена)	20,9–22,0	21,4–21,9

Форма прикорневого листа у всех исследуемых образцов – овальная, стеблевого листа – продолговато-яйцевидная с волнистым краем листовой пластинки. Стебель – ребристый, полый, покрыт жесткими волосками; тип плода – орешек, форма плода – продолговато-яйцевидная, мелкобугорчатая; цвет семян в фазу полной спелости – черный.

У местной популяции бораго вегетационный период составил 70–120 дней, у нового сорта Блакіт – 80–90 дней.

Урожайность зеленой массы в фазу цветения у растений бораго местной популяции составила 40–90 ц/га, созданного сорта – 60–80 ц/га при урожайности семян соответственно 4,5–8,5 и 6,0–8,0 ц/га.

Среднее содержание сырого протеина в зеленой массе нового сорта бораго оказалось 17,9 % при его содержании в местной популяции огуречной травы 17,3–18,1 %, сухого вещества – соответственно 7,9 и 7,6–8,2 %. В семенах содержание сырого протеина у нового сорта составило 21,4–21,9 %, в местной популяции – 20,9–22,0 %.

По содержанию эфирных масел ($< 0,01$) в зеленой массе огуречной травы данную культуру следует отнести к пряновкусовым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований УО «БГСХА» изучены коллекционные образцы местной популяции огуречной травы (*Borago officinalis* L.), на основании оценки которых методом массового отбора был создан с включением в Государственный реестр сортов Республики Беларусь новый сорт огуречной травы (бораго) Блакіт.

Новый сорт огуречной травы (бораго) Блакіт характеризуется комплексом морфологических, морфометрических и фенологических признаков. Урожайность зеленой массы нового сорта бораго составила 60–80 ц/га, семян – 6,0–8,0 ц/га, содержание сырого протеина – соответственно 17,8–18,0 % и 21,4–21,9 %.

Список использованных источников

1. Босак, В. Н. Обеспечение импортозамещения в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Стратегические направления развития АПК стран СНГ : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. : в 2-х т. / СибНИИЭСХ [и др.] ; ред.: П. М. Першукевич [и др.]. – Новосибирск, 2017. – Т. 2. – С. 305–307.
2. Генетические ресурсы растений. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 22 с.
3. Сачивко, Т. В. Развитие сырьевой базы и переработки пряно-ароматических растений в Республике Беларусь / Т. В. Сачивко, Л. И. Дулевич // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Симферополь, 13–14 июня 2019 г. / НИИСХК ; ред.: В. С. Паштецкий [и др.]. – Симферополь, 2019. – С. 59–66.

4. Сачивко, Т. В. Роль сорта в обеспечении продовольственной безопасности / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Продовольственная безопасность, импортозамещение и социально-экономические проблемы развития АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 9–10 июня 2016 г. / СибНИИЭСХ [и др.]; ред.: П. М. Першукевич [и др.]. – Новосибирск, 2016. – С. 536–537.
5. Сорт как фактор интенсификации сельскохозяйственного производства / В. А. Бейня [и др.] // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала АПК : сб. науч. ст. 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 4–5 июня 2015 г. / БГАТУ ; ред.: Н. Н. Романюк [и др.]. – Минск, 2015. – С. 267–272.
6. Кумпан, В. Н. Малораспространенные садовые культуры Западной Сибири / В. Н. Кумпан, А. П. Клинг, Н. А. Бондаренко. – Омск : Омский ГАУ, 2020. – 217 с.
7. Ториков, В. Е. Культивируемые и дикорастущие лекарственные растения / В. Е. Ториков, И. И. Мешков. – СПб. : Лань, 2019. – 272 с.
8. Филонов, М. Огуречная трава (бораго) / М. Филонов // Пчеловодство. – 2022. – № 4. – С. 56–57.
9. Биохимический состав пряно-ароматических, эфиромасличных и зеленых культур / В. Н. Босак [и др.] // Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах: зб. тез. III Міжнар. наук.-практ. конф., Селекційне, 23 липня 2020 р. / Ін-т овочівництва і баштанництва. – Вінниця, 2020. – Т. 1. – С. 85–86.
10. Гонтовая, Т. Н. Исследование белково-полисахаридных комплексов травы и плодов бораго лекарственного / Т. Н. Гонтовая, В. В. Машталер, О. П. Хворост // Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології. – 2011. – № 2 (104). – С. 314–319.
11. Машталер, В. В. Количественное содержание некоторых групп биологически активных веществ травы и семян бораго лекарственного и субстанций, полученных из данных видов сырья / В. В. Машталер, Т. Н. Гонтовая, О. П. Хворост // Украинский журн. клинической и лабораторной медицины. – 2009. – Т. 4, № 2. – С. 70–72.
12. Особенности биохимического состава пряно-ароматических, зеленых и декоративных культур / В. Н. Босак [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2018. – № 3. – С. 93–96.
13. Особенности химического состава пряно-ароматических и эфирномасличных культур / В. Н. Босак [и др.] // Актуальные проблемы агрономии: сб. ст. по матер. Междунар. науч.-практ. конф., 2 нояб. 2020 г. / БГСХА, ред.: О. А. Цыркунова [и др.]. – Горки, 2020. – С. 10–11.
14. Сачивко, Т. В. Аллелопатические свойства пряно-ароматических и эфирномасличных растений / Т. В. Сачивко, А. А. Блохин, В. Н. Босак // Овощеводство. – 2021. – Т. 29. – С. 171–179.
15. Сачивко, Т. В. Микроэлементный состав пряно-ароматических и зеленых культур / Т. В. Сачивко, М. В. Наумов, В. Н. Босак // Научно-инновационные основы развития отрасли овощеводства : тез. докл. Междунар. науч.-практ.

конф., Самохваловичи, 22–24 авг. 2018 г. / Ин-т овощеводства ; ред.: А. И. Чайковский [и др.]. – Самохваловичи, 2018. – С. 39–40.

16. Medrano, A. Mineral and proximate of borago / A. Medrano, T. Masoud, M. Martinez // Journal of Food Composition and Analysis. – 1992. – Vol. 5, Nr. 4. – P. 313–318.

17. Пищевые и лекарственные свойства культурных растений / В. Н. Наумкин [и др.]. – СПб. : Лань, 2015. – 400 с.

18. Сачивко, Т. В. Особенности накопления эфирных масел малораспространенными видами пряно-ароматических культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса : сб. ст. по матер. Междунар. науч.-практ. конф., 5 нояб. 2020 г. / КГСХА ; ред. В. Г. Чумаков [и др.]. – Курган, 2020. – С. 317–321.

19. Сачивко, Т. В. Содержание эфирных масел в различных видах пряно-ароматических и зеленых культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 марта 2019 г. / БГАТУ ; ред.: В. Я. Груданов [и др.]. – Минск, 2019. – С. 341–343.

20. Сачивко, Т. В. Использование новых сортов пряно-ароматических культур в традиционной и народной медицине / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій: матеріали шостої Міжнарод. наук.-практ. конф., Полтава, 26–27 грудня 2017 р. / ПДАА ; ред.: В. І. Аранчій [та інш.]. – Лубни, 2018. – С. 103–104.

21. Напалков, М. Е. Разработка рецептуры хлебобулочного изделия повышенной пищевой ценности с добавлением бораго / М. Е. Напалков, О. В. Сухова // Проблемы и перспективы развития экономики сельского хозяйства : материалы науч.-практ. конф. с международным участием, Княгинино – Казань, 9–14 мая 2016 г. – Княгинино, 2016. – С. 215–219.

22. Перспективные овощные культуры со съедобными цветками / Н. А. Колпаков [и др.] // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. – 2017. – № 4 (150). – С. 5–11.

23. Сухова, О. В. Разработка рецептуры хлебобулочного изделия, обогащенного растительным сырьем / О. В. Сухова, В. Ф. Гордеева // Высш. шк. – 2016. – № 8. – С. 122–124.

24. Съедобные цветки – новый перспективный источник фитонутриентов в питании человека / М. И. Иванова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2016. – № 9. – С. 30–32.

25. Черноусова, И. Ю. Плодоношение и семенная продуктивность *Borago officinalis* L. / И. Ю. Черноусова // Изв. С.-Петерб. гос. аграр. ун-та. – 2010. – № 19. – С. 11–14.

26. Государственный реестр сортов Республики Беларусь / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2021. – 282 с.

27. Методика по испытанию сортов растений на отличимость, однородность, стабильность / В. В. Фандо [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2004. – 274 с.

28. Сачивко, Т. В. Новые сорта Ботанического сада УО «БГСХА» / Т. В. Сачивко, А. П. Гордеева, В. Н. Босак // Вестн. БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 163–166.

29. Сачивко, Т. В. Особенности коллекции пряно-ароматических растений в ботаническом саду / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Тр. БГТУ: Лесное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 206–210.

30. Сачивко, Т. В. Характеристика и особенности селекции *Borago officinalis* L. / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Мичуринский агрономический вестн. – 2018. – № 1. – С. 127–131.

31. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – 19 с.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

T. V. Sachivko

EVALUATION OF ECONOMICALLY VALUABLE SIGNS OF *BORAGO OFFICINALIS* L.

SUMMARY

*The research results of the main economically valuable signs of the local population and a new original *Borago officinalis* L. variety are presented.*

As a result of the research, the main morphological, morphometric and phenological features of the studied borago plants, indicators of their productivity and quality were established.

The average yield of the green mass of the new Blakit variety of borago was 60–80 dt/ha with a seed yield of 6.0–8.0 dt/ha and 17.8–18.0 % of crude protein content in the portion of green mass and 21.4–21.9 % in the seeds.

Key words: borago; morphological, morphometric and phenological signs; productivity; quality.

С. Г. Сидорова, кандидат биологических наук,
доцент кафедры ботаники
Белорусский государственный университет, г. Минск

АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОТНОШЕНИИ ВОЗБУДИТЕЛЯ БЕЛОЙ ГНИЛИ МОРКОВИ

РЕЗЮМЕ

*Приведена оценка антифунгальной активности почвенных грибов р. *Trichoderma* Pers. и бактерий pp. *Bacillus* и *Pseudomonas* по степени ингибирования роста возбудителя белой гнили моркови в условиях чистой культуры. Установлен фунгистатический эффект всех изучаемых штаммов и видов бактерий и грибов на рост патогена. Выделены: штамм *B. subtilis* 494, бактерии *Pseudomonas fluorescens* и *Pseudomonas putida* М, а также *Trichoderma viride* 408 и *Trichoderma koningii*, которые представляют интерес в качестве антагонистов возбудителя склеротиниоза. Они могут быть рекомендованы для разработки на их основе препаратов с комплексным действием, относимых к категории экологически безопасных средств защиты растений.*

Ключевые слова: белая гниль; морковь; триходерма; бактерии; ингибирование; рост; штаммы-антагонисты; скрининг.

ВВЕДЕНИЕ

Морковь – ценная культура, которая занимает большую долю в структуре потребляемых человеком овощей. Ее возделывают во всех областях Республики Беларусь, посевные площади моркови столовой составляют более 3,0 тыс. га. Среди столовых корнеплодных культур она наиболее востребована у населения благодаря высоким питательным, вкусовым и диетическим качествам, а также лечебно-профилактическим свойствам. Корнеплоды моркови содержат до 8–12 % сухого вещества, 6–8 – сахаров, 9–12 % каротина и комплекс микроэлементов (йод, калий, бор). В связи с этим морковь широко используют в пищевой промышленности, в кулинарии для изготовления детского и диетического питания. Почвенно-климатические условия республики позволяют выращивать и получать урожай моркови столовой до 1 600 ц/га [15].

Вместе с тем лимитирующими факторами недобора урожая моркови являются сорные растения, вредители и фитопатогенные микроорганизмы. Значительная подверженность ее корнеплодов поражению болезнями как в период вегетации, так и во время хранения препятствует получению стабильно высоких и биологически полноценных урожаев и сохранению высокой питательной ценности свежей продукции в период хранения. Потери урожая

моркови столовой при хранении могут составлять 30–60 % [8]. В этой связи спрос на устойчивые к болезням в периоды вегетации и хранения сорта и гибриды моркови постоянно растет.

В современном селекционном процессе моркови столовой пристальное внимание уделяют вопросам повышения устойчивости сортов и гибридов как к отдельным фитопатогенам, так и к их комплексу. Однако необходимо учитывать, что почвенно-климатические условия региона выращивания культуры оказывают различное влияние на потенциальные и адаптивные возможности одних и тех же сортов и гибридов моркови столовой [18, 21].

Вместе с тем в настоящее время ведущее место в защите растений занимает химический метод, и наблюдается тенденция применения все возрастающих количеств пестицидов. Однако глобальное использование химических средств защиты растений в сельском и лесном хозяйстве приводит к повышению загрязнения окружающей среды и отрицательным экологическим и санитарно-гигиеническим последствиям: нарушениям структуры биоценозов, снижению их способности к саморегуляции, накоплению пестицидов в почве, воде и продуктах питания, к возрастанию в популяциях возбудителей болезней устойчивости к пестицидам, что снижает эффективность их применения [2].

Экологическая несостоятельность большинства применяемых в настоящее время химических препаратов делает необходимым использование биологического метода защиты, который предотвращает деградацию агроценозов, агроландшафтов и в целом среды обитания человека. Метод биозащиты основан на постоянном поиске и расширении круга потенциальных агентов биологической защиты, а также углублении знаний их биологии [5].

Большой потенциал представляют в этом плане микофильные грибы. Это обширная экологическая группа, включающая не менее 1 500 видов, обитающих на других грибах. Микофильные грибы, паразитирующие на других грибах, называют микопаразитами. Для микопаразитов, обитающих на фитопатогенных грибах, часто используют название сверхпаразиты или гиперпаразиты [12]. Многие исследователи, изучавшие микроорганизмы почвы, отмечают одними из первых в ряду антагонистов микофильные грибы р. *Trichoderma*, которые способны синтезировать и выделять во внешнюю среду стабильные и нестабильные антибиотические компоненты, ингибирующие мицелиальный рост различных грибов. При этом синтез антигрибных метаболитов варьирует у разных изолятов, даже относящихся к одному и тому же виду [5]. Кроме того, в качестве антагонистов наиболее перспективны и конкурентные формы микробов, характеризующиеся высокой скоростью роста и способностью образовывать споры в больших количествах, выживающие при дефиците питательных веществ и в других неблагоприятных условиях [1, 16].

В этой связи целью проведенных нами исследований явилось изучение возможности использования грибов р. *Trichoderma*, а также бактерий pp. *Bacillus* и *Pseudomonas* в качестве потенциальных антагонистов возбудителя белой гнили моркови микромицета *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом исследования служил возбудитель белой гнили моркови микромицет *S. sclerotiorum*. Виды и штаммы грибов р. *Trichoderma* (*T. viride* 457 и 408, *T. polysporum*, *T. koningii*) взяты из коллекции чистых культур кафедры ботаники. Штаммы бактерий р. *Bacillus* (*B. subtilis*: 8; 8-1; 494; 4к 31) и виды р. *Pseudomonas* (*Ps. fluorescens*, *Ps. putida* М) получены из коллекции микроорганизмов кафедры микробиологии биологического факультета БГУ.

Чистую культуру возбудителя склеротиниоза моркови получали путем выделения его из пораженных корнеплодов согласно общепринятой методике [6, 10].

Изучение взаимоотношений между патогеном и видами, штаммами грибов р. *Trichoderma* в культуре проводили с использованием метода встречных колоний, описанного в руководстве [9]. Для описания внешнего вида колонии фитопатогена на восьмые сутки использовали следующую шкалу: А – патоген угнетен в сильной степени, мицелий редкий, прижатый к субстрату; Б – патоген угнетен слабо; значком «+» рядом с буквой указывали нарастание гриба р. *Trichoderma* на колонию фитопатогена [9].

В эксперименте по исследованию влияния видов и штаммов бактерий рр. *Bacillus* и *Pseudomonas* на рост возбудителя склеротиниоза моркови бактерии исследуемых штаммов засекали кольцом ($r = 20$ мм) на предварительно подсушенную в термостате при температуре 60 °С картофельно-глюкозную агаризованную среду (картофельный отвар – 1 л, 1,5 %-й агар – 20 г, глюкоза – 20 г), разлитую в чашки Петри. Инкубирование проводили в термостате при температуре 28 °С в течение 24 ч. Затем в центр сформировавшегося кольца помещали мицелий фитопатогенного микромицета и культивировали при комнатной температуре в течение 8 суток. В контрольных чашках фитопатоген выращивали изолированно от бактерий [9]. Ежедневно измеряли диаметр колоний фитопатогена, описывали морфологию его колоний, отмечали изменение окраски колонии и субстрата.

Показатель ингибирования роста *S. sclerotiorum* видами и штаммами гриба р. *Trichoderma*, определяемый как разница между диаметром колонии в контрольном и опытном вариантах, деленная на диаметр колонии в контроле и умноженная на 100 %, рассчитывали на четвертые и восьмые сутки. Опыт проводили в 8-кратной повторности для каждой экспериментальной серии и контроля. Данные представлены в виде «среднее $\pm$ ошибка среднего». Статистическая обработка проведена с использованием программы Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования по изучению характера взаимоотношений *S. sclerotiorum* и гриба р. *Trichoderma* показали, что среди используемых в опыте видов и штаммов имеются антагонисты возбудителя белой гнили при одновременном посеве. Они проявляли ингибирующий эффект в той или в иной степени, что зависело от варианта применения гриба р. *Trichoderma*.

Анализ данных, отражающих воздействие изучаемых видов и штаммов *Trichoderma* на рост фитопатогена *S. sclerotiorum* позволил установить, что наиболее сильным антагонистом изучаемого микромицета из числа используемых в опыте оказалась *T. viride* 408, максимально ингибирующая (на 68,4 % на восьмые сутки) рост патогена (табл. 1, рис. 1а).

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что достаточно высокий (46–47 %) уровень угнетения роста *S. sclerotiorum* в течение всего периода наблюдения был отмечен для *T. koningii*. В то же время

Таблица 1 – Показатель ингибирования *Sclerotinia sclerotiorum* грибом р. *Trichoderma*, %

Вид, штамм гриба	Время расчета	
	4 сутки	8 сутки
<i>Trichoderma polysporum</i>	26,7 ± 0,7	38,1 ± 0,4
<i>T. viride</i> 457	14,3 ± 0,3	24,5 ± 0,1
<i>T. viride</i> 408	54,5 ± 0,9	68,4 ± 0,8
<i>T. koningii</i>	46,1 ± 0,2	47,4 ± 0,3

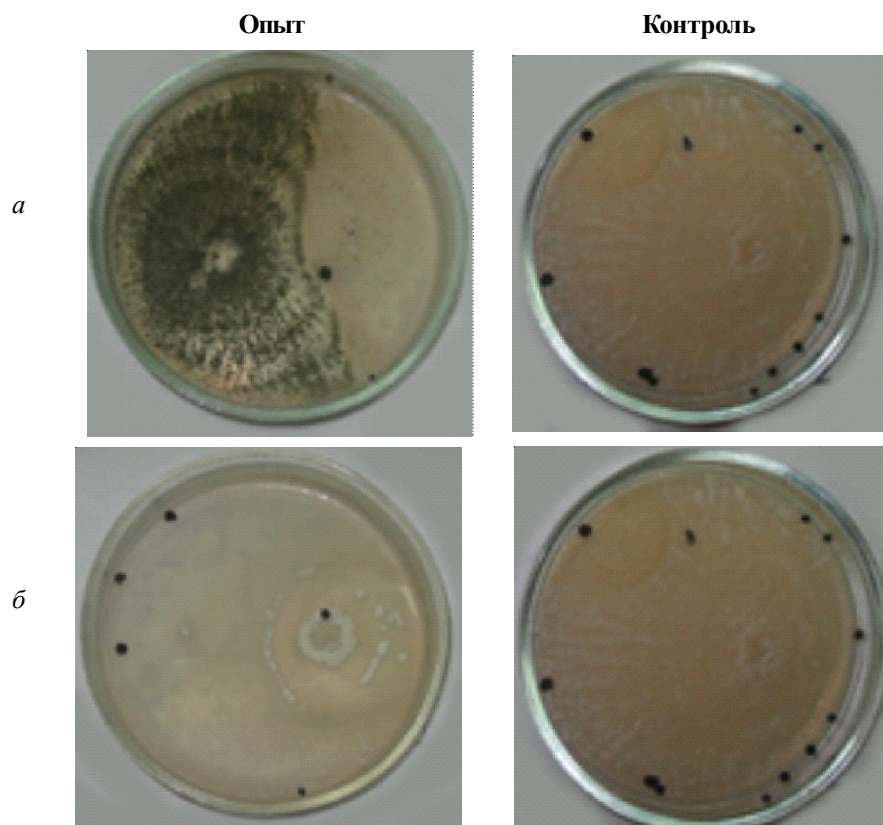


Рисунок 1 – Взаимоотношения грибов *Sclerotinia sclerotiorum* и *Trichoderma viride* 408 (а), *Trichoderma polysporum* (б) при совместном культивировании

в присутствии *T. polysporum* рост изучаемого патогена снизился на 38,1 % (см. рис. 1б). Ингибирующее влияние *T. viride* 457 составило всего лишь 24,5 %. Это можно объяснить способностью грибов р. *Trichoderma* в одних вариантах опыта быстрее колонизировать субстрат, выделять антибиотические вещества, подавляющие рост патогена, что может быть полезным при разработке стратегии борьбы с патогенами в фитоценозах с помощью выявленных грибов-антагонистов, в других – проявлять меньшую устойчивость к действию *Sclerotinia sclerotiorum*.

Изучение типов взаимоотношений фитопатогена *Sclerotinia sclerotiorum* и грибов р. *Trichoderma* позволило установить, что большинство используемых вариантов грибов р. *Trichoderma* являются анатагонистами, степень нарастания которых была оценена от 1 до 3 баллов (табл. 2).

Тип взаимоотношений, при котором наблюдалось нарастание колоний антагониста на исследуемый микромицет-фитопатоген, называется территориальный антагонизм с нарастанием, что особенно наблюдается в случае роста *Sclerotinia sclerotiorum* с *T. viride* 408. При этом патоген обычно отстает в росте. В варианте совместного культивирования патогена с *T. koningii* наблюдался антибиотический антагонизм. В этом случае также происходит замедление роста колонии патогена, но на расстоянии от колонии гриба р. *Trichoderma* образуется зона, в которой рост патогена не наблюдался вследствие выделения антибиотических веществ грибом р. *Trichoderma*.

В случае *T. polysporum* наблюдалось относительно незначительное нарастание *T. polysporum* на площадь колонии патогена (до 25 %). При изучении взаимоотношений *S. sclerotiorum* с *T. viride* 457 не было выявлено антагонистических свойств второго, патоген занял около 75 % площади колонии *T. viride* 457. Изменения окраски колоний и субстрата не было отмечено.

Таким образом, в большинстве изучаемых вариантов тип взаимоотношений фитопатогенного микромицета *Sclerotinia sclerotiorum* с грибами р. *Trichoderma* можно охарактеризовать как территориальный антагонизм с нарастанием, или антибиотический антагонизм.

В исследованиях, проведенных В. И. Нитиевской, приводятся сведения об антагонистической активности грибов *T. viride* 408, *T. hamatum* 431, *T. polysporum* в отношении фитопатогенных грибов pp. *Sclerotinia* и *Fusarium*, поражающих клевер луговой [10].

Таблица 2 – Антагонистическая активность грибов р. *Trichoderma* при взаимоотношении с *Sclerotinia sclerotiorum*

Вид, штамм гриба р. <i>Trichoderma</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	
	Внешний вид колонии патогена	Степень нарастания колонии гриба р. <i>Trichoderma</i> , балл
<i>Trichoderma polysporum</i>	Б	1
<i>T. viride</i> 457	Б	0
<i>T. viride</i> 408	A+	3
<i>T. koningii</i>	A+	3

А. К. Храмцовым и соавт. [11, 22–24] показана высокая антагонистическая активность штаммов *T. viride* 457, *T. viride* 408, *T. viride* 434 и *T. hamatum* 431 к грибам *Botrytis aclada* и *B. cinerea*. Установлено, что гриб *T. viride* 457 оказал наибольшее защитное действие против *Botrytis aclada* и *B. cinerea* на луковицах *A. cepa*, снижая развитие ботритиоза в 3 раза.

В работе В. С. Садыковой и соавт. [13] был изучен видовой состав возбудителей корневых гнилей родов *Fusarium* и *Bipolaris*. Установлена гетерогенность штаммов фитопатогенов в пределах одного вида по чувствительности к штаммам р. *Trichoderma* в зависимости от вида антагониста и дозы фунгицида. В ходе исследования было выявлено, что все виды рода *Bipolaris* в той или иной степени чувствительны к антагонистически активным микромицетам р. *Trichoderma*, в то время как для изолятов рода *Fusarium* характерна выборочная чувствительность в зависимости от вида антагониста. Проведенные эксперименты указывают на необходимость исследования гетерогенности популяций антагониста и возбудителей болезни. Большая вариабельность антибиотической и микопаразитической активности штаммов р. *Trichoderma* и состава продуцируемых ими биологически активных метаболитов по отношению к набору возбудителей болезней свидетельствуют о необходимости отбора культур антагониста для создания на их основе биопрепарата, содержащего биологически активные вещества грибов.

Для производства биопрепарата Триходермин используются грибы из р. *Trichoderma* Pers. – *T. harzianum*. Эти микромицеты являются природными антагонистами ко многим фитопатогенам. Антагонизм обусловлен выработкой высокотоксичных антибиотиков (виридина, триходермина и др.) и ряда летучих веществ. В результате исследований Ю. А. Титовой и соавт. [17] был получен лабораторный образец триходермина, как чистой культуры штамма *T. harzianum* Rifai 36, выращенного на смеси опилок и пшеничных отрубей, первично утилизированных *Pleurotus ostreatus* сорт Don 3. Было оценено влияние лабораторной формы (Триходермина) на рост и развитие 3-недельного проростка огурца, а также влияние различных доз препарата на вредоносность заболеваний. Установлено, что использование низких доз стимулирует процесс роста и уменьшает потери биомассы в саженцах.

Оценка антагонистической активности грибов р. *Trichoderma* по отношению к корнеобитающим патогенам овощных культур, выделенным на территории Беларуси и Азербайджана, свидетельствует о комплексном механизме антагонистического взаимодействия. Большинство изученных антагонистов характеризовалось смешанным типом действия с выраженным фунгистатическим алиментарным, антибиотическим и территориальным антагонизмом. По результатам всесторонней оценки антагонистической активности для включения в состав микробной композиции с бактериальными антагонистами отобраны штаммы *Trichoderma* sp. IZR F-183 и *Trichoderma* sp. IZR F-186, характеризующиеся средним показателем ингибирования роста патогенов 93,2 и 96,5 % соответственно, механизм действия которых отличается полифункциональностью: конкуренцией и гиперпаразитизмом [3].

В результате исследований, проведенных Д. В. Войтка и соавт. [4], установлено, что штамм – основа биологического препарата Фунгилекс, Ж. – гриб *Trichoderma asperellum* D-11 – обладает высокой антагонистической активностью по отношению к возбудителю серой гнили томата – грибу *Botrytis cinerea*, ингибируя рост фитопатогена до 96,0 % и проявляя гиперпаразитические свойства. Включение биологического препарата Фунгилекс, Ж. в технологию защиты томата от серой гнили наряду с антирезистентной направленностью характеризуется биологической эффективностью в защите культуры от ботритиоза и приводит к статистически достоверному сохранению урожая. Включение препарата Фунгилекс, Ж. в технологии защиты томата закрытого грунта от серой гнили является перспективным приемом и будет способствовать повышению эффективности защитных мероприятий.

Изучение влияния штаммов *Bacillus subtilis* на ростовую активность возбудителя белой гнили микромицета *Sclerotinia sclerotiorum* показало угнетающее влияние всех изучаемых штаммов на его рост при совместном культивировании на искусственной питательной среде, хотя сила воздействия оказалась различной.

Данные, представленные на рисунке 2 и в таблице 3, свидетельствуют о том, что наибольший ингибирующий эффект был отмечен в варианте культивирования со штаммом 494 *B. subtilis*. Учитываемый параметр составил

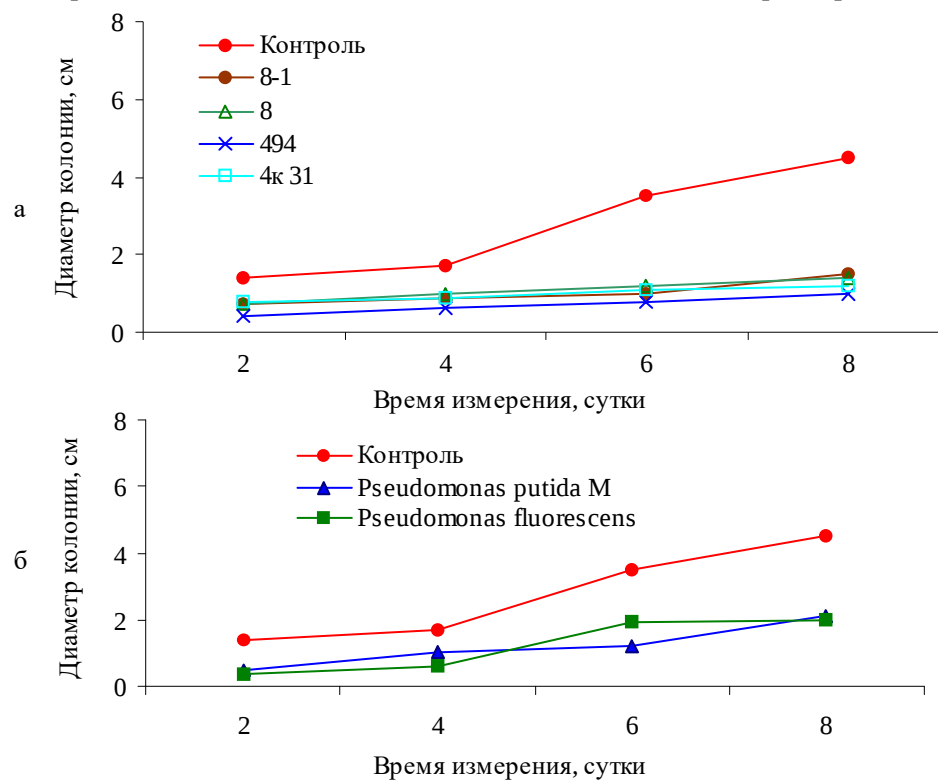


Рисунок 2 – Влияние штаммов *Bacillus subtilis* (а) и бактерий р. *Pseudomonas* (б) на рост фитопатогенного микромицета *Sclerotinia sclerotiorum*

Таблица 3 – Показатель ингибирования фитопатогена *S. sclerotiorum* изучаемыми бактериями, %

Виды, штаммы бактерий	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	
	4 сутки	8 сутки
<i>Bacillus subtilis</i> 8-1	47,1 ± 0,2	66,7 ± 0,6
<i>Bacillus subtilis</i> 8	41,2 ± 0,5	68,9 ± 0,3
<i>Bacillus subtilis</i> 494	64,7 ± 0,7	77,8 ± 0,4
<i>Bacillus subtilis</i> 4к 31	47,1 ± 0,2	73,3 ± 0,1
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	64,7 ± 0,4	65,6 ± 0,5
<i>Pseudomonas putida</i> М	41,2 ± 0,2	53,3 ± 0,3

64,7 %. Вместе с тем воздействие штаммов 8-1 и 4к 31 проявилось в одинаковом (47,1 %) числовом выражении анализируемого показателя. Наименьшее (41,2 %) угнетающее воздействие на рост *Sclerotinia sclerotiorum* оказал штамм 8. Это заключение было сделано по результатам экспериментальных данных, полученных на четвертые сутки совместного культивирования на искусственной питательной среде.

Сила воздействия штамма 494 при первоначальном учете оказалась в 1,4 раза больше в сравнении со штаммами 8-1 и 4к 31. В то же время степень влияния штамма 8 *B. subtilis* была в 1,6 раза меньше по сравнению со штаммом 494 (см. табл. 3).

Анализ данных, отражающих ростовую активность микромицета *Sclerotinia sclerotiorum* на восьмые сутки совместного выращивания с изучаемыми штаммами *B. subtilis*, свидетельствует об усилении процесса ингибирования. При этом наибольший (77,8 %) угнетающий эффект показал штамм 494. В данном варианте опыта отмечено усиление ингибирования на 20 % по сравнению с предыдущим наблюдением (см. табл. 3 и рис. 2).

Для штаммов 8-1 и 8 показатель ингибирования имел примерно одинаковое (порядка 67–69 %) числовое выражение. Вместе с тем для штамма 8-1 зафиксировано усиление угнетающего воздействия на 42 %, а для штамма 8 – на 67 %. Отмеченный эффект наблюдался в период культивирования с четвертых по восьмые сутки (см. табл. 3 и рис. 2).

Влияние штамма 4к 31 *B. subtilis* проявилось в ингибировании ростовых процессов возбудителя белой гнили моркови на 73,3 %. Числовое выражение учитываемого параметра имело промежуточное значение в сравнении с опытными вариантами. Причем для данного штамма выявлено усиление негативного влияния на патоген, составляющее 56 % во временном интервале от четырех до восьми суток (см. табл. 3).

Второй группой бактерий, среди которых нами был проведен поиск потенциальных антагонистов возбудителю белой гнили моркови, явились микроорганизмы р. *Pseudomonas*. Экспериментальные исследования, основанные на совместном культивировании микромицета *S. sclerotiorum* и двух видов бактерий из р. *Pseudomonas*, позволили выявить следующую закономерность. Было установлено, что как *Pseudomonas fluorescens*, так и *Pseudomonas*

putida М можно рассматривать в качестве антагонистов возбудителю склеротиниоза моркови. Это проявилось в угнетении роста патогена на протяжении всего периода наблюдения (см. рис. 2).

Вместе с тем характер угнетения роста *S. sclerotiorum* различалось в опытных вариантах. Так, под воздействием бактерии *Ps. fluorescens* уже на четвертые сутки учета показатель ингибирования составил 64,7 % и практически не изменился к концу наблюдения. Его численное выражение составило 65,6 % (см. табл. 3, рис. 2).

Как показывают данные таблицы 3, эффект угнетения роста микромицета в варианте культивирования с *Ps. putida* М был значительно ниже (на 58 %) по сравнению с влиянием *Ps. fluorescens*. Несмотря на это, сила воздействия была достаточно ощутимой, что выразилось в подавлении роста *S. sclerotiorum* на 41,2 % на четвертые сутки учета. Увеличение длительности культивирования (до восьми суток) привело к усилению ингибирующего воздействия бактерии *Ps. putida* М, отразившееся на снижении роста микромицета на 53,3 % (см. табл. 3, рис. 2).

В исследованиях, проведенных Н. П. Максимовой и соавт. [7], было установлено, что бактерии из р. *Pseudomonas* способны синтезировать и выделять в среду желто-зеленые пигменты, называемые пиовердинами, выполняющие в клетках функции сидерофоров. Флуоресцирующие пигменты ризосферных бактерий проявляют одновременно антибактериальную, антифунгальную и антинематодную активность.

Данные, полученные нами ранее, свидетельствуют о том, что штаммы *B. subtilis* (8, 8-1, 4k31, 494) оказывают ингибирующее воздействие на рост и спорообразование микромицетов *Botrytis cinerea* Pers: Fr. и *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen, вызывающие микозы томата. Причем наиболее сильный угнетающий эффект был отмечен для штаммов *B. subtilis* 8 и 8-1. Изучаемая бактерия *P. fluorescens* также явилась антагонистом в отношении возбудителя серой гнили томата. В то же время вторая из тестируемых бактерий р. *Pseudomonas* – *Pseudomonas putida* М оказала стимулирующее воздействие на изучаемый патоген. Аналогичная закономерность была выявлена и для второго микромицета – *F. oxysporum* f. *lycopersici*. Практически во всех опытных вариантах (кроме совместного культивирования с *Pseudomonas putida* М) было отмечено подавление роста и снижение репродуктивной активности возбудителя фузариоза томата [14]. Выявленный нами фунгистатический эффект штаммов *B. subtilis* был обнаружен и в исследованиях, описывающих их влияние на анаморфные фитопатогенные микромицеты р. *Alternaria* Ness [19]. Воздействие псевдомонад на развитие грибов р. *Alternaria* Ness проявилось в более сильном ингибировании конидиеобразования альтернаний в сравнении с их вегетативным ростом [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, скрининг исследуемых нами видов и штаммов гриба р. *Trichoderma* позволил сделать вывод о том, что они являются антагонистами

микромикета *Sclerotinia sclerotiorum* в той или иной степени. Наиболее сильное угнетение (68,4 и 47,4 %) ростовой активности возбудителя склеротиниоза моркови отмечено при совместном культивировании с *T. viride* 408 и *T. koningii*. Типы взаимоотношений микромикета фитопатогенной природы *Sclerotinia sclerotiorum* с грибами р. *Trichoderma* были охарактеризованы как территориальный антагонизм с нарастанием и антибиотический антагонизм. Совместное культивирование *Sclerotinia sclerotiorum* и грибов *T. viride* 457, *T. viride* 408, *T. koningii*, *T. polysporum*, микроскопирование мицелия не позволило установить внедрения в их клетки гиф изучаемых грибов р. *Trichoderma*. Выявленные типы взаимоотношений грибов позволяют судить о том, что в основе антагонизма грибов р. *Trichoderma* в отношении изученных нами фитопатогенов лежит быстрая колонизация микофильными грибами субстрата и (или) выделение ими антибиотиков.

Изучение влияния штаммов *B. subtilis* на ростовую активность возбудителя белой гнили микромикета *S. sclerotiorum* показало угнетающее влияние всех изучаемых штаммов на его рост при совместном культивировании на искусственной питательной среде, хотя сила воздействия оказалась различной. Так, наибольший (64,7 %) ингибирующий эффект на четвертые сутки был отмечен в варианте культивирования со штаммом 494 *B. subtilis*. Воздействие штаммов 8-1 и 4к 31 проявилось в одинаковом (47,1 %) числовом выражении анализируемого показателя. Наименьшее (41,2 %) негативное влияние на рост *S. sclerotiorum* оказал штамм 8. Увеличение длительности культивирования привело к усилению процесса ингибирования. При этом наибольший (77,8 %) угнетающий эффект показал штамм 494, что выразилось в усилении ингибирования на 20 % по сравнению с предыдущим учетом.

Установлено, что бактерии *Pseudomonas fluorescens* и *Pseudomonas putida* М можно рассматривать в качестве антагонистов возбудителю склеротиниоза моркови. Негативное влияние проявилось в подавлении роста патогена на протяжении всего периода наблюдения, хотя его характер был различным.

Следовательно, скрининг изучаемых нами видов и штаммов среди грибов р. *Trichoderma* и бактерий рр. *Bacillus* и *Pseudomonas* позволил выявить наиболее эффективные к применению в качестве антагонистов, на основе которых можно разрабатывать защитные мероприятия по борьбе с возбудителем белой гнили моркови.

Список использованных источников

1. Бактерии на страже урожая / Н. П. Максимова [и др.] // Наука и инновации. – 2019. – № 3 (193). – С. 13–16.
2. Великанов, Л. Л. Экологические проблемы защиты растений от болезней / Л. Л. Великанов, И. И. Сидорова // Защита растений : сб. науч. ст. – М., 1988. – С. 143.
3. Войтка, Д. В. Скрининг антагонистической активности грибов р. *Trichoderma* по отношению к доминирующим корнеобитающим патогенам

овощных культур, изолированным на территории Беларуси и Азербайджана / Д. В. Войтка, Е. К. Юзефович, Я. Ю. Атакишиева // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: Л. И. Трепашко [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 43. – С. 144–153.

4. Войтка, Д. В. Антагонистическая активность гриба *Trichoderma asperellum* D-11 как обоснование для включения препарата на его основе в антирезистентную технологию защиты томата от серой гнили Азербайджана / Д. В. Войтка, Е. К. Юзефович, Я. Ю. Атакишиева // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: Л.И. Трепашко [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 44. – С. 191–201.

5. Коломбет, Л. В. Грибы рода *Trichoderma* – продуценты биопрепаратов для растениеводства / Л. В. Коломбет // Успехи медицинской микологии / редкол.: Ю. В. Сергеев (гл. ред.) [и др.]. – М. : Нац. акад. микол., 2007. – С. 323–371.

6. Литвинов, М. Методы изучения почвенных микроскопических грибов / М. А. Литвинов. – Л. : Наука, 1969. – 124 с.

7. Максимова, Н. П. Роль пиримидинов в биосинтезе флуоресцирующего пигмента пиовердина Рм у бактерий *Pseudomonas putida* М / Н. П. Максимова, О. В. Блажевич, Ю. К. Фомичев // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. – 1993. – № 5. – С. 22–26.

8. Методические указания по инвентаризации болезней и микрофлоры корнеплодов моркови в условиях хранения / сост.: Т. Е. Вахрушева, Э. А. Власова. – Л. : ВИР, 1980. – 70 с.

9. Микология: методы экспериментального изучения микроскопических грибов / авт.-сост.: В. Д. Поликсенова, А. К. Храмцов, С. Г. Пискун. – Минск : БГУ, 2004. – 38 с.

10. Нитиевская, В. И. Влияние *Trichoderma* sp. на патогены *Trifolium pratense* / В. И. Нитиевская // Эколого-экономические основы усовершенствования интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков : тез. докл. науч.-производств. конф., посвящ. 25-летию БЕЛНИИЗР: в 2 ч. Минск – Прилуки, 14–16 февр. 1996 г. / М-во сельск. хоз и прод. Респ. Беларусь. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений. – Минск, 1996. – Ч. 1. – С. 154–155.

11. О биоконтроле возбудителей ботритиоза на луке репчатом / А. К. Храмцов [и др.] // Микробиология и биотехнология на рубеже XXI столетия : материалы Междунар. конф, посвящ. 25-летию Ин-та микробиологии НАН Беларуси, Минск, 1–2 июня 2000 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние биол. наук НАН Беларуси, Науч. совет по проблемам биотехнологии, Белорус. микробиологическое о-во, Ин-т микробиологии, Концерн «Белбиофарм», Бел. гос. ун-т. – Минск, 2000 – С. 222–223.

12. Рудаков, О. Л. Микофильные грибы, их биология и практическое значение / О. Л. Рудаков. – М. : Наука, 1981. – 160 с.

13. Садыкова, В. С. Ограничение влияния комплекса возбудителей корневых гнилей ячменя антагонистами рода *Trichoderma* / В. С. Садыкова,

А. Н. Лихачев, П. Н. Бондарь // Микология и фитопатология. – 2010. – Т. 44, вып. 6. – С. 556–561.

14. Сидорова, С. Г. Антифунгальная активность почвенных бактерий в отношении некоторых возбудителей микозов томата / С. Г. Сидорова // Овощеводство : сб. науч. тр. – 2020. – Т. 28. – С. 124–135.

15. Современные технологии в овощеводстве / под ред. А. А. Аутко. – Минск : Беларус. навука, 2012. – С. 163–164.

16. Соколов, М. С. Экологизация защиты растений / М. С. Соколов, О. А. Монастырский, Э. А. Покушева ; под ред. В. А. Захаренко. – Пушкино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 462 с.

17. Триходермин на основе вторичной биоконверсии отходов и его эффективность против болезней огурца / Ю. А. Титова [и др.] // Микология и фитопатология. – 2002. – Т. 36, вып. 42. – С. 76–79.

18. Устойчивость сортообразцов моркови к болезням при хранении в зависимости от инфекционного фона и послеуборочного фитосанитарного состояния растений / Л. М. Соколова [и др.] // Аграр. науч. журн. – 2019. – № 1. – С. 26–31.

19. Федюшко, И. А. Эффективность бактерий *Bacillus subtilis* как антагонистов фитопатогенных грибов р. *Alternaria* Ness / И. А. Федюшко // Биотехнология микроорганизмов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. проф. Ю. К. Фомичеву (1929–2015), Минск, 27–29 нояб. 2019 г. – Минск : Экоперспектива, 2019. – С. 208–211.

20. Федюшко, И. А. Эффективность бактерий рода *Pseudomonas* как антагонистов фитопатогенных грибов р. *Alternaria* / И. А. Федюшко // Биотехнология микроорганизмов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. проф. Ю. К. Фомичеву (1929–2015), Минск, 27–29 нояб. 2019 г. – Минск : Экоперспектива, 2019. – С. 212–215.

21. Хмелинская, Т. В. Экологические аспекты изменчивости признаков моркови / Т. В. Хмелинская, В. И. Буренин, В. Е. Прянишникова // Овощи России. – 2017. – № 2. – С. 24–29.

22. Храмцов, А. К. О штаммах грибов рода *Trichoderma*, перспективных в борьбе с гнилями овощей / А. К. Храмцов, Л. В. Писная, А. С. Шуканов // Проблемы микробиологии и биотехнологии : материалы Междунар. конф., посвящ. 70-летию Нац. акад. наук Беларуси, Минск, 25–27 нояб. 1998 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Концерн «Белбиофарм», Отд-ние биол. наук НАН Беларуси, Науч. совет по проблемам биотехнологии. Белорус. микробиологическое о-во, Ин-т микробиологии. – Минск, 1998. – С. 94.

23. Храмцов, А. К. Некоторые антагонистические к *Botrytis cinerea* Pers. штаммы грибов рода *Trichoderma* ex. Fr. / А. К. Храмцов, А. С. Шуканов // Проблемы фитопатологии в Республике Беларусь : тез. докл. науч. конф., Минск, 3 апр. 1996 г. / М-во сельск. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т овощеводства, Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений, Белорус. фитопатологическое о-во. – Минск, 1996. – С. 57.

24. Храмцов, А. К. Новые антагонисты некоторых патогенов лука репчатого / А. К. Храмцов, А. С. Шуканов // Достижения современной биологии и биологическое образование : тр. науч. конф., посвящ. 75-летию биологического фак. Белгосуниверситета / Белорус. гос. ун-т. – Минск, 1997. – С. 152–157.

Поступила в редакцию 17 ноября 2022 г.

S. G. Sidorova

ANTIFUNGAL ACTIVITY OF SOIL MICROORGANISMS AGAINST WHITE ROT PATHOGEN OF CARROT

SUMMARY

The article presents the assessment of the antifungal activity of g. Trichoderma Pers. fungi and gg. Bacillus and Pseudomonas bacteria according to the degree of growth inhibition of the causative agent of carrot white rot in pure culture conditions. The fungistatic effect of all studied species and strains of bacteria and fungi on the growth of pathogen was established. The strains of B. subtilis 494, the bacteria Pseudomonas fluorescens and Pseudomonas putida M, as well as Trichoderma viride 408 and Trichoderma koningii which are of interest as antagonists of the causative agent of sclerotinia have been obtained. They can be used to develop preparations with complex action which classified as environmentally safe plant protection products.

Key words: white rot; carrot; trichoderma; bacteria; inhibition; growth; antagonist strains; screening.

В. В. Скорина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры плодоовощеводства

Е. В. Панкратская, аспирант

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ФАСОЛИ ОВОЩНОЙ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований коллекционного материала фасоли овощной по фенологическим признакам и показателям продуктивности. На основе полученных данных выявлены различия между сортами кустовой и вьющейся форм по продолжительности прохождения фенологических фаз и продуктивности в фазу технической зрелости. Выделены сорта по комплексу признаков, которые могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе.

Ключевые слова: фасоль овощная; сорт; фенологические наблюдения; бобы; продуктивность.

ВВЕДЕНИЕ

Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) – одна из широко распространенных продовольственных бобовых культур. По объему производства среди бобовых она занимает второе место после сои. Ее возделывают более чем в 70 странах мира [1].

Важным направлением увеличения производства фасоли и повышения качества семенного материала является внедрение в производство новых сортов, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков. Перед селекционерами стоит задача повысить потенциал продуктивности сортов, улучшить их по устойчивости к неблагоприятным факторам среды, качеству продукции [2].

Расширение площади возделывания бобовых овощных культур, в частности фасоли овощной, имеет важное значение для Беларуси. Культуру используют в свежем, мороженом, консервированном виде, а также для детского и диетического питания и т. д. Фасоль способствует обогащению почвы симбиотическим фиксированным азотом и является побочной продукцией в качестве удобрения (в стернекорневых остатках накапливается до 100 кг/га азота, более 30 кг/га фосфора и 130 кг/га калия). Фасоль является отличной санитарной культурой в овощном севообороте [3–6].

В пищу используют бобы фасоли овощной и зерно для приготовления разнообразных блюд, всевозможных супов, начинок, приправ, гарниров, паштетов, холодных закусок. Бобы и семена фасоли овощной содержат

до 30 аминокислот, белок, сахарозу, органические жирные кислоты, флавоноиды, кумарины. Фасоль овощная отличается большим содержанием минеральных веществ (кальций, фосфор, магний, калий, натрий), а также микроэлементов (медь, цинк, железо, йод и др.), витаминов (С, Е, В₂, В₆, РР, провитамин А). Необходимо отметить высокую калорийность семян (336 калорий в 100 г сухих семян), что значительно превышает количество калорий в других культурах.

Кроме того, возделывание фасоли овощной является значимым фактором импортозамещения для продовольственного рынка Республики Беларусь.

Фасоль овощную используют в фазе технической (недозрелые зеленые бобы) и биологической зрелости семян. В зависимости от скороспелости сорта первые сборы бобов в фазу технической зрелости убирают через 45–60 дней после появления всходов. Самый высокий урожай зеленых бобов получают при втором и третьем сборах.

В Государственный реестр сортов Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2022 г. для использования в сельскохозяйственном производстве внесено 27 сортов овощной фасоли, для приусадебного возделывания – 48 [7].

Создание новых сортов фасоли овощной, пригодных для выращивания в различных почвенно-климатических условиях Республики Беларусь и сочетающих в себе комплекс хозяйственно полезных признаков, является актуальным направлением в селекции культуры. В связи с этим целью исследований являлась оценка сортов фасоли овощной по основным хозяйственно-биологическим признакам и выделение среди них наиболее урожайных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования сортов фасоли овощной (*Phaseolus vulgaris* L.) проводились в 2021–2022 гг. на опытном поле кафедры плодовоовощеводства УО «БГСХА».

Объектами исследований являлись 42 сорта фасоли овощной кустовой (34) и вьющейся (8) форм белорусской и российской селекции. В качестве контроля использовались для кустовой формы сорт Магура, для вьющейся – сорт Афина.

Изучение коллекции осуществлялось в 3-кратной повторности, размещение делянок рандомизированное в соответствии с методикой проведения полевых опытов [8, 9].

В ходе исследований проводились фенологические наблюдения (дата посева, начала и появления всходов, бутонизации, массового цветения, образование бобов в технической и биологической зрелости), биометрическое описание растений (высота растений, количество бобов на растении, размер боба), учет урожайности зеленых бобов.

Агротехника культуры общепринятая для выращивания [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Посев сортов в годы проведения исследований проводили во 2-й декаде мая. Всходы в зависимости от года и погодных условий отмечались в среднем на 9–11 день. Массовое появление всходов в 2021 г. у фасоли кустовой

формы наблюдалось на 11 день, у вьющейся – на 13 день. В 2022 г. всходы у сортов кустовой формы отмечены на 14 день, у вьющейся – на 15 день.

Более раннее появление всходов наблюдалось у сортов Октава, Иришка, Рант, Пагода, Креолка (кустовая форма) и Мамоли, Антошка (вьющаяся форма), более позднее – у сортов Золото Сибири, Ульяна, Си Бемоль (кустовая форма) и у сорта Герда (вьющаяся форма).

Как отмечалось выше, сложившиеся погодные условия в данный период оказали существенное влияние на рост и развитие растений. В результате анализа данных у сортов количество дней от всходов до массового цветения в 2021 г. составило 31–39 дней, в 2022 г. – 29–44. В 2022 г. фаза цветения у сортов наступала несколько позже (табл. 1).

Таблица 1 – Продолжительность прохождения фенологических фаз у сортов фасоли овощной

Сорт	Количество дней от всходов								
	до массового цветения			до технической спелости			до биологической спелости		
	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее
<i>Кустовая форма</i>									
Магура (контроль)	34	31	32,5	51	47	49,0	97	84	90,5
Физкультурница	31	31	31,0	52	49	50,5	82	73	77,5
Оливковая	31	31	31,0	52	53	52,5	86	86	86,0
Золото Сибири	37	37	37,0	48	52	50,0	89	85	87,0
Омская Юбилейная	31	32	31,5	52	56	54,0	81	85	83,0
Памяти Рыжовой	33	32	32,5	52	56	54,0	78	90	84,0
Омичка	35	33	34,0	52	47	49,5	70	89	79,5
Маруся	37	38	37,5	50	47	48,5	79	89	84,0
Сибирячка	33	32	32,5	52	48	50,0	78	81	79,5
Лукерья	37	35	36,0	52	54	53,0	82	90	86,0
Октава	33	31	32,0	51	47	49,0	90	89	89,5
Нота	39	32	35,5	52	56	54,0	92	90	91,0
Настена	35	32	33,5	48	48	48,0	94	87	90,5
Морена	39	33	36,0	52	53	52,5	92	84	88,0
Бажена	39	31	35,0	52	53	52,5	83	86	84,5
Красная шапочка	36	36	36,0	49	49	49,0	77	89	83,0
Чыжовенка	39	31	35,0	50	49	49,5	90	86	88,0
Зинуля	35	32	33,5	52	48	50,0	98	85	91,5
Зничка	32	31	31,5	49	49	49,0	78	86	82,0
Иришка	35	39	37,0	50	48	49,0	89	85	87,0
Рант	35	29	32,0	49	48	48,5	67	81	74,0
Сакфит	36	35	36	51	47	49,0	77	84	80,5
Ульяна	31	39	35,0	48	48	48,0	77	88	82,5
Секунда	39	30	34,5	49	48	48,5	67	81	74,0
Пагода	34	36	35,0	52	56	54,0	85	90	87,5

Сорт	Количество дней от всходов								
	до массового цветения			до технической спелости			до биологической спелости		
	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее
Фантазия	37	33	35,0	52	49	50,5	85	84	84,5
Золушка	33	33	33,0	52	46	49,0	98	83	90,5
Московская белая зеленостручная 556	35	32	33,5	52	50	51,0	72	81	76,5
Креолка	35	31	33,0	52	49	50,5	98	89	93,5
Си Бемоль	35	34	34,5	51	53	52,0	83	80	81,5
Светлячок	34	34	34,0	52	52	52,0	91	85	88,0
Аришка	34	31	32,5	52	47	49,5	87	86	86,5
Маришка	33	34	33,5	52	47	49,5	87	86	86,5
Лика	33	32	32,5	52	54	53,0	78	87	82,5
<i>Вьющаяся форма</i>									
Афина (контроль)	38	34	36,0	49	55	52,0	66	86	76,0
Дубровенская	41	37	39,0	50	55	52,5	96	92	94,0
Мамоли	34	44	39,0	52	55	53,5	98	92	95,0
Антошка	32	38	35,0	51	54	52,5	85	90	87,5
Герда	40	38	39,0	46	49	47,5	86	87	86,5
Мавританка	38	36	37,0	51	50	50,5	97	95	96,0
Волга-Матушка	32	38	35,0	50	56	53,0	96	94	95,0
Водопад	35	34	34,5	50	50	50,0	83	95	89,0

В среднем за два года исследований наиболее коротким периодом от всходов до начала цветения характеризовались сорта фасоли овощной Физкультурница, Оливковая, Омская Юбилейная, Октава, Зничка, Рант (кустовая форма) и сорта Антошка, Волга-Матушка (вьющаяся форма). Наиболее поздним периодом от всходов до начала цветения обладали сорта кустовой формы Маруся, Золото Сибири, Иришка и сорта вьющейся – Дубровенская, Мамоли, Герда.

К уборке зеленых плодов (фаза технической зрелости) в 2021 г. приступали у большинства сортов кустовой формы на 48–52 день, у сортов вьющейся – на 46–52; в 2022 г. – у фасоли кустовой формы на 47–56 день, у вьющейся – на 49–56. Наиболее скороспелыми оказались сорта Маруся, Настена, Рант, Секунда.

Биологическая зрелость в зависимости от сорта в среднем за два года исследований наступала у сортов кустовой формы на 74–93 день, у вьющейся – на 76–96.

Наиболее короткий период от всходов до наступления биологической зрелости (дней) отмечен у сортов кустовой формы Рант (74), Секунда (74), Московская белая зеленостручная 556 (76,5), Физкультурница (77,5), у сортов вьющейся формы – Афина (76).

Для дальнейшей селекционной работы значительный интерес представляют сорта, характеризующиеся большим количеством бобов на растении и их массой.

По результатам, полученным в ходе проведения исследований, выявлено, что количество бобов на растении при испытании сортов различалось как по сортам, так и годам (табл. 2). В 2021 г. у большинства сортов значение данного признака оказалось наименьшим. Среднее количество бобов на растении в 2021 г. колебалось у сортов кустовой формы от 8 шт. у сорта Настена до 29 шт. у сорта Маруся, у сортов выющейся – от 5 шт. у сорта Дубровенская до 27 шт. у сорта Антошка и Герда; в 2022 г. – от 11 шт. у сорта Креолка

Таблица 2 – Показатели продуктивности сортов фасоли овощной в фазу технической зрелости

Сорт	Количество бобов на растении, шт.			Масса боба, г			Масса бобов на растении, г		
	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее
<i>Кустовая форма</i>									
Магура (контроль)	16	14	15,0	6,1	6,4	6,3	97,6	89,6	93,6
Физкультурница	19	24	21,5	4,6	7,8	6,2	87,4	187,2	137,3
Оливковая	19	21	20,0	5,0	7,1	6,0	95,0	149,1	122,0
Золото Сибири	19	46	32,5	4,8	4,9	4,8	91,2	225,4	158,3
Омская Юбилейная	14	23	18,5	6,8	7,1	6,9	95,2	163,3	129,3
Памяти Рыжовой	21	21	21,0	6,0	8,1	7,1	126,0	170,1	148,1
Омичка	25	25	25,0	6,9	7,1	7,0	172,5	177,5	175,0
Маруся	21	29	25,0	6,0	5,0	5,5	126,0	145,0	135,5
Сибирячка	16	17	16,5	7,0	6,8	6,9	112,0	115,6	113,8
Лукерья	22	22	22,0	8,1	8,6	8,4	178,2	189,2	183,7
Октава	18	21	19,5	8,0	7,9	7,9	144,0	165,9	155,0
Нота	12	21	16,5	6,5	6,9	6,7	78,0	144,9	111,5
Настена	8	21	14,5	4,0	4,4	4,2	32,0	92,4	62,2
Морена	19	14	16,5	7,0	6,5	6,8	133,0	91,0	112,0
Бажена	19	22	20,5	5,4	5,2	5,3	102,6	114,4	108,5
Красная шапочка	15	13	14,0	6,6	6,9	6,8	99,0	89,7	94,4
Чыжовенка	12	12	12,0	9,0	8,8	8,9	108,0	105,6	106,8
Зинуля	15	28	21,5	6,0	5,2	5,6	90,0	145,6	117,8
Зничка	21	24	22,5	6,1	6,4	6,3	128,1	153,6	140,9
Иришка	19	25	22,0	5,2	6,4	5,8	98,8	160,0	129,4
Рант	10	12	11,0	5,0	5,8	5,4	50,0	69,6	59,8
Сакфит	11	17	14,0	5,9	6,2	6,1	64,9	105,4	85,2
Ульяна	11	11	11,0	8,3	9,1	8,7	91,3	100,1	191,4
Секунда	10	12	11,0	4,7	5,0	4,9	47,0	60,0	53,5
Пагода	14	19	16,5	4,8	5,2	5,0	67,2	98,8	83,0
Фантазия	19	20	19,5	7,1	7,5	7,3	134,9	150,0	142,5

Сорт	Количество бобов на растении, шт.			Масса боба, г			Масса бобов на растении, г		
	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее
Золушка	20	24	22,0	7,0	6,2	6,6	140,0	148,8	144,4
Московская белая зеленостручная 556	19	18	18,5	6,0	6,1	6,1	114,0	109,8	111,9
Креолка	10	11	10,5	6,6	6,4	6,5	66,0	70,4	68,2
Си Бемоль	17	18	17,5	7,0	7,1	7,1	119,0	127,8	123,4
Светлячок	11	21	16,0	9,0	8,4	8,7	99,0	176,4	88,2
Аришка	17	23	20,0	5,0	4,9	5,0	85,0	112,7	98,9
Маришка	22	26	24,0	5,9	6,3	6,1	129,8	163,8	146,8
Лика	18	18	18,0	5,2	5,7	5,5	93,6	102,6	98,1
НСР ₀₅							5,74	6,78	
<i>Вьющаяся форма</i>									
Афина (контроль)	21	21	21,0	4,0	4,2	4,1	84,0	88,2	86,1
Дубровенская	5	15	10,0	6,8	7,0	6,9	34,0	105,0	69,5
Мамоли	6	13	9,5	8,0	8,3	8,2	48,0	107,9	78,0
Антошка	27	24	25,5	5,0	5,0	5,0	135,0	120,0	127,5
Герда	27	27	27,0	7,0	7,1	7,1	189,0	191,7	190,4
Мавританка	17	24	20,5	6,2	6,0	6,1	105,4	144,0	124,7
Волга-Матушка	17	9	13,0	11,0	10,1	10,6	187,0	90,9	139,0
Водопад	12	14	13,0	15,0	16,2	15,6	180,0	226,8	203,4
НСР ₀₅							1,99	3,13	

до 46 шт. у сорта Золото Сибири (кустовая форма) и от 9 шт. у сорта Волга-Матушка до 27 шт. у сорта Герда (вьющаяся форма).

Масса боба у сортов кустовой формы в среднем составила от 4,2 г у сорта Настена до 8,9 г у сорта Чыжовенка, у вьющихся сортов – от 4,1 г у сорта Афина до 15,6 г у сорта Водопад. В 2022 г. у большинства сортов значение данного показателя было выше по сравнению с условиями 2021 г.

Масса бобов на растении зависела от года выращивания и сорта. В 2021 г. масса бобов на растении составила в среднем у сортов кустовой формы от 32,0 г у сорта Настена до 178,2 г у сорта Лукерья, у сортов вьющейся – от 34,0 г у сорта Мамоли до 189,0 г у сорта Герда. Контроль по данному показателю превосходили сорта Лукерья, Омичка, Октава (кустовая форма) и сорта Герда, Волга-Матушка (вьющаяся форма). В 2022 г. масса бобов на растении составила в среднем от 60,0 г у сорта Секунда до 225,4 г у сорта Золото Сибири (кустовая форма), от 88,2 г у сорта Афина до 226,8 г у сорта Водопад (вьющаяся форма).

Установлено, что за два года наибольшей продуктивностью в фазу технической зрелости (зеленые бобы, г/растение) выделились сорта фасоли овощной кустовой формы Лукерья (183,7), Омичка (175,0), Золото Сибири (158,3),

Октава (155,0) и вьющейся – Водопад (203,4), Герда (190,4). Условия 2022 г. для большинства сортов оказались наиболее благоприятными для выявления изменчивости признаков.

Важным показателем, характеризующим сорта фасоли овощной, является высота закрепления первого боба. У сортов кустовой формы она составляла от 12 см у сорта Настена до 22 см у сорта Красная шапочка, у вьющейся – от 15 см у сорта Мамоли до 34 см у сорта Мавританка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных данных выявлены различия между сортами по продолжительности прохождения фенологических фаз. Наиболее коротким периодом от всходов до массового цветения характеризовались сорта фасоли овощной кустовой формы Физкультурница, Оливковая, Омская Юбилейная, Октава, Зничка, Рант; сорта вьющейся – Антошка, Волга-Матушка. Фаза технической зрелости в зависимости от сорта наступала на 47–54 день. Наиболее скороспелыми оказались сорта Маруся, Настена, Рант, Секунда, Герда. Биологическая зрелость у сортов кустовой формы наступала на 74–93 день, у сортов вьющейся – на 76–96. Наиболее коротким периодом от всходов до наступления биологической зрелости обладали сорта кустовой формы Рант, Секунда, Московская белая зеленостручная 556, Физкультурница и вьющейся – Афина.

Выявлено, что среднее количество бобов на растении зависело от условий года и изменялось у сортов кустовой формы от 10,5 шт. у сорта Креолка до 32,5 шт. у сорта Золото Сибири, у сортов вьющейся – от 10,0 шт. у сорта Дубровенская до 27,0 шт. у сорта Герда.

Масса боба у кустовой фасоли составила от 4,2 г у сорта Настена до 8,9 г у сорта Чыжовенка, у вьющейся – от 4,1 г у сорта Афина до 15,6 г у сорта Водопад. По данному признаку выделены кустовые сорта Чыжовенка (8,9 г), Ульяна (8,7), Лукерья (8,4), Октава (7,9), вьющиеся – Водопад (15,6) и Волга-Матушка (10,6 г).

Масса бобов на растении варьировала в среднем у сортов кустовой формы от 53,5 до 191,4 г, у сортов вьющейся – от 69,5 до 203,4 г.

За два года исследований наибольшей продуктивностью в фазу технической зрелости (зеленые бобы, г/растение) обладали сорта кустовой фасоли Ульяна (191,4), Лукерья (183,7), Омичка (175,0), Золото Сибири (158,3) и вьющейся – Водопад (203,4), Герда (190,4).

По комплексу хозяйственно ценных признаков выделены сорта Магура, Золото Сибири, Октава, Рант (кустовая форма), Афина и Водопад (вьющаяся форма), которые могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе.

Список использованных источников

1. Ветрова, Е. Г. Зернобобовые культуры (горох, фасоль, соя) / Е. Г. Ветрова, Н. М. Голбан, В. А. Колобка. – Кишинев, 1982. – С. 52–83.

2. Влияние эколого-географических факторов на продуктивность и качество семян фасоли овощной / В. В. Скорина [и др.] // Овощеводство. – 2013. – Т. 21. – С. 243–250.
3. Минюк, О. Н. Приемы возделывания фасоли овощной и бобов овощных на дерново-подзолистой супесчаной почве : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.08 / О. Н. Минюк ; БГТУ. – Жодино, 2015. – 22 с.
4. Казыдуб, Н. Г. Сравнительная оценка хозяйственно-ценных признаков образцов фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) и создание на их основе нового селекционного материала для условий южной лесостепи Западной Сибири / Н. Г. Казыдуб, Т. В. Маракаева. – Омск : Омский ГАУ, 2015. – 150 с.
5. Фасоль спаржевая в Беларуси / А. И. Чайковский [и др.]. – Минск : Типография ВЮА, 2009. – 168 с.
6. Аутко, А. А. Бобовые овощные культуры / А. А. Аутко // Белорус. сельское хоз-во. – 2010. – № 8. – С. 80.
7. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2022. – 303 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов – М. : Россельхозакадемия, 2011. – 648 с.
10. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / Науч.-исслед. ин-т овощного хоз-ва НПО по овощеводству «Россия» ; под ред. В. Ф. Беллика. – М. : Агропроиздат, 1992. – 319 с.

Поступила в редакцию 17 ноября 2022 г.

V. V. Skorina, E. V. Pankrutskaia

ECONOMIC AND BIOLOGICAL ASSESSMENT OF VARIETIES OF VARIOUS FORMS OF GREEN BEANS

SUMMARY

The results of research on the evaluation of the collection material of green beans according to phenological characteristics and productivity indicators are presented. On the basis of the data obtained, differences between the varieties of bush and climbing forms were revealed in terms of the duration of the phenological phases and productivity in the phase of technical maturity. Varieties that can be used in further breeding work have been identified according to a set of characteristics.

Key words: green bean; variety; phenological observation; beans; productivity.

В. В. Скорина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры плодовоовощеводства

Вит. В. Скорина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры плодовоовощеводства

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ЧЕСНОКА ОЗИМОГО

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты оценки сортобразцов чеснока озимого по зимостойкости и основным показателям продуктивности. Для дальнейшей селекционной работы выделены наиболее перспективные образцы, обладающие высокой зимостойкостью и урожайностью.

Ключевые слова: чеснок озимый; сорт; клон; луковица; зимостойкость; урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Среди луковых культур чеснок занимает особое место. Описание морфологических особенностей некоторых сортов и форм чеснока и особенности развития генеративных органов растения изучались в работах М. В. Алексеевой [10, 15].

Чеснок отличается большой пластичностью. Культура резко реагирует на изменение условий выращивания и хранения посадочного материала. Так как чеснок является растением узкого ареала, при перенесении форм из одних географических зон в другие, резко различающихся по почвенно-климатическим условиям, происходят изменения его признаков, а иногда гибель растения [14].

Основным направлением в селекции чеснока является улучшение местных и создание новых сортов, обладающих для зоны возделывания рядом хозяйственно ценных признаков. Хозяйственно ценные и морфо-биологические признаки нового сорта должны определяться исходя из почвенно-климатических условий, для которых предназначается будущий сорт, и уровня агротехники [4]. Это связано с биологическими особенностями культуры, которые заключаются в резкой реакции растения на изменяющиеся условия среды.

Селекционная работа с чесноком в первую очередь направлена на расширение и совершенствование методов создания исходного материала экспериментальным путем [9, 14].

Урожайность является основным признаком, определяется размером луковиц с хорошо сформированными и сравнительно равными по величине зубками [7]. Зимо- и морозостойкость – важные признаки при оценке озимых

сортов чеснока. При этом следует учитывать причины выпадения растений: повреждения вредителями, болезнями, механические повреждения, вымерзание [12].

Ценными для селекции являются инорайонные образцы, а также местные сорта народной селекции из различных регионов и дикие формы [1]. Основным методом селекции чеснока является клоновый отбор с использованием зубков луковиц и воздушных луковичек.

При создании новых сортов с использованием эколого-географического фактора большое значение имеют научно обоснованный подбор исходного материала, его разнообразие и степень изученности в различных условиях выращивания. Применение экологических методов в селекции постоянно находится в числе актуальных научных задач [13].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты проводились на кафедре плодоовощеводства УО «БГСХА» в 2021–2022 гг. Посадку образцов чеснока озимого в годы исследований проводили в 1-й декаде октября в 3-кратной повторности с использованием общепринятых методик и методических указаний [3, 6, 7].

Почвы опытного участка дерново-среднеподзолистые, развивающиеся на лессовидном суглинке, подстилаемом мореной с глубиной пахотного горизонта 18–22 см, с pH – 6,2; P_2O_5 – 573,5 мг/кг; K_2O – 294,0 мг/кг.

Химический анализ почвы выполняли согласно ГОСТам и методическим указаниям:

содержание гумуса определяли по Тюрину (ГОСТ 26483-85);

обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрически (ГОСТ 26483-85);

подвижные соединения P_2O_5 , K_2O – по методу Кирсанова, с последующим определением фосфора на фотоэлектроколориметре.

Во время изучения коллекционного материала проводили фенологические наблюдения (дата появления всходов, начало появления стрелок), учитывали биометрические признаки (высота растений, количество листьев, их длина и ширина, длина стрелки, количество воздушных луковичек). Общую площадь листовой поверхности растений рассчитывали с использованием методик А. С. Лахина [4] по формуле

$$S = l h k,$$

где l – длина листа;

h – ширина листа;

k – коэффициент поправки, равный 0,67.

По классификации Г. Ф. Лахина [5] по высоте растения разделяли на высокорослые (более 50 см), среднерослые (30–50) и низкорослые (менее 30 см).

При учете урожайности измеряли высоту и диаметр луковиц, определяли индекс формы луковиц (менее 0,7 – плоская; 0,8–0,9 – округло-плоская; около 1 – округлая; 1,1–1,3 – овальная), массу луковиц, количество и массу зубков.

Биохимические показатели определяли в химико-экологической лаборатории УО «БГСХА»: содержание сухого вещества – методом высушивания до

постоянной массы; витамина С – по методу Мурри (ГОСТ 24556-89); общего сахара – по методу Бертрана (ГОСТ 26176-91).

Оценку зимостойкости сортообразцов чеснока озимого проводили весной, после весеннего отрастания.

Зимостойкость определяли по формуле

$$Z = N_{\text{общ}}/n,$$

где $N_{\text{общ}}$ – общее количество высаженных растений, шт.;

n – количество перезимовавших растений, %.

На основании полученных данных были выделены группы по степени зимостойкости:

I группа – зимостойкие (≥ 90 %);

II группа – относительно зимостойкие (80–90 %);

III группа – менее зимостойкие (< 80 %).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сложившиеся погодные условия осенне-зимнего периода в годы исследований способствовали объективной оценке при выявлении наиболее зимостойких образцов чеснока озимого (табл. 1).

Таблица 1 – Биометрические показатели и зимостойкость образцов чеснока озимого

Образец	Высота растения, см	Количество листьев, шт.	Зимостойкость, %		В среднем за два года
			2021 г.	2022 г.	
Беловежский (контроль)	25,0	4,0	96,0	97,9	97,0
Агатон	27,6	3,6	100,0	98,7	99,4
Горец	20,0	5,3	99,1	98,5	98,8
Союз	23,3	4,0	97,1	95,2	96,2
Полесский сувенир	23,6	3,6	97,4	100,0	98,7
Полет	27,6	4,3	97,7	100,0	98,9
Юниор	19,0	4,3	93,0	95,2	94,1
ОР2-18	27,6	4,0	88,9	97,5	93,2
ОР4-18	26,3	3,6	99,8	95,3	97,6
ОР5-18	24,6	3,6	100,0	96,2	98,1
ОР6-18	26,0	4,6	95,8	85,4	90,6
CR1-18	26,6	4,0	92,0	95,4	93,7
CR2-18	23,6	4,6	94,5	91,4	93,0
ДВ-18	26,0	4,6	99,0	91,8	95,4
БГ2-18	21,3	5,6	99,6	96,4	98,0
БГ3-18	24,0	3,6	97,4	92,9	95,2
БГ4-18	26,6	5,6	100,0	98,0	99,0
ЮМ1-18	30,3	4,6	97,9	98,2	98,1
ММ2-18	18,3	3,3	84,6	94,2	89,4
БТ-18	21,6	4,3	97,4	77,1	87,3
ММ3-18	28,6	4,0	95,5	95,1	95,3
ББ1-18	28,3	4,6	96,1	90,6	93,4

Образец	Высота растения, см	Количество листьев, шт.	Зимостойкость, %		В среднем за два года
			2021 г.	2022 г.	
МГ1-18	26,3	4,6	99,5	90,5	95,0
БМ-18	28,0	4,6	88,1	86,8	87,5
ББ2-18	27,6	2,6	95,4	97,6	96,5
МГ3-18	36,0	4,6	100,0	97,1	98,6
ББ4-18	35,6	5,3	97,3	100	98,7
МГ4-18	29,3	4,0	97,7	92,3	95,0
БК3-18	29,0	3,0	96,2	90,7	93,5
ВЛ1-18	27,6	4,3	94,1	88,8	91,5
ВР-18	29,0	3,6	96,6	98,3	97,5

На период проведения биометрических учетов следует отметить, что в зависимости от образца высота растения составила от 18,3 см (ММ2-18) до 36,0 см (МГ3-18). Среднее количество листьев у образцов – 2,6–5,6 шт.

При оценке зимостойкости чеснока озимого установлено, что образцы по данному признаку различались в годы исследований. В 2021 г. она составила 84,6–100,0 %. Большинство образцов (90,6 %) относилось к группе зимостойких. Высокой степенью зимостойкости характеризовались сорта Агатон, Горец, клоны ОР4-18, ОРS-18, БГ2-18, БГ4-18, МГ1-18, МГ3-18. В 2022 г. выделены сорта Полесский сувенир, Полет, Агатон, Горец, клоны ББ4-18, ВР-18.

В среднем за два года зимостойкость у коллекционных образцов составила 87,2–99,4 %. Следует выделить образцы с высокой степенью зимостойкости: Агатон (99,4 %), Горец (98,8), Полесский сувенир (98,7), Полет (98,8), БГ2-18 (98,0), БГ4-18 (99,0), МГ3-18 (98,5), ББ4-18 (98,65 %).

Установлено, что размеры луковицы и величина зубков, используемых для посадки, в значительной степени определяют уровень будущего урожая. Из крупных луковиц и крупных зубков формируется более высокий урожай. Оптимальная масса посадочного зубка чеснока составляет около 1,5 г, а зубки массой более 2,0 г экономически не оправданы из-за большого расхода посадочного материала на единицу площади.

При оценке образцов чеснока озимого учитывались такие показатели, как масса луковицы, масса зубка, количество зубков, урожайность (табл. 2).

В среднем за два года масса луковицы в зависимости от образца составила 22,4–58,0 г. Наибольшие значения отмечены у сортов Горец, Полесский сувенир, Агатон, образцов МГ4-18, ОР4-18, ДВ-18, ЮМ1-18, которые превосходили контроль – сорт Беловежский на 22,9–90,1 %. Максимальная масса луковицы отмечена у сортов Агатон (58,0 г), Полесский сувенир (55,9), минимальная – у образца ББ1-18 (22,4 г).

Различия по массе луковицы между максимальным и минимальным значениями составили 2,6 раза.

Луковицы сортообразцов чеснока озимого различались по количеству зубков и их массе. По мнению Т. М. Кочиной [8], количество зубков в луковице является

Таблица 2 – Урожайность образцов чеснока озимого

Образец	Масса луковицы, г		Сред- нее, г	Масса зубка, г		Урожайность, т/га		Сред- нее, т/га
	2021 г.	2022 г.		2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	
Беловежский (контроль)	28,9	32,1	30,5	5,6	6,0	8,2	8,5	8,4
Агатон	50,7	48,4	49,5	5,7	5,9	14,4	13,1	13,8
Горец	58,9	57,1	58,0	6,0	6,3	15,3	14,3	14,8
Полесский сувенир	55,7	56,0	55,8	10,0	4,9	15,7	8,7	12,2
Полет	29,1	31,8	30,4	7,0	4,1	8,8	8,0	8,4
Союз	23,4	51,3	37,4	5,4	7,0	7,2	14,3	10,7
Юниор	36,0	47,9	41,9	8,5	6,4	12,4	12,1	12,3
ОР2-18	29,7	38,3	34,0	8,4	5,9	9,4	8,6	9,0
ОР4-18	40,6	42,7	41,6	5,6	5,9	12,5	12,5	12,5
ORS-18	28,3	36,8	32,5	7,8	5,5	9,4	9,7	9,5
ОР5-18	39,4	40,6	40,0	10,0	8,0	12,6	11,5	12,1
ОР6-18	39,9	42,3	41,1	11,2	7,7	12,1	13,0	12,6
CR1-18	32,9	36,2	34,5	7,4	6,0	9,3	9,5	9,4
CR2-18	35,7	34,8	35,2	4,2	3,3	10,2	9,8	10,0
ДВ-18	41,7	41,3	41,5	7,0	5,7	12,8	12,7	12,7
БГ2-18	33,3	27,6	30,4	4,5	2,3	8,3	5,1	6,7
БГ3-18	26,6	26,9	26,7	4,1	3,4	5,6	5,3	5,5
БГ4-18	22,3	27,6	24,9	6,0	3,1	5,6	6,88	6,2
ЮМ1-18	23,9	50,4	37,1	6,0	6,9	5,9	14,4	10,2
ММ2-18	50,9	21,5	36,2	8,8	1,7	14,5	4,7	9,6
БТ-18	21,7	31,3	26,5	2,0	3,6	4,5	8,2	6,3
ММ3-18	53,1	47,3	50,2	8,8	6,9	14,0	13,1	13,5
ББ1-18	19,4	25,3	22,3	5,2	3,8	5,3	5,4	5,4
МГ1-18	49,7	53,5	51,6	8,9	7,8	14,9	13,9	14,4
БМ-18	30,6	32,1	31,3	3,9	4,9	11,2	10,2	10,7
ББ2-18	26,6	33,2	29,9	8,2	5,6	8,1	8,7	8,4
МГ3-18	29,4	35,3	32,3	5,0	4,1	9,1	9,0	9,1
ББ4-18	34,3	40,0	37,1	5,6	4,8	11,2	12,2	11,7
МГ4-18	47,7	49,1	48,4	8,4	6,4	15,4	14,1	14,7
БК3-18	26,3	28,7	27,5	5,4	3,7	7,1	7,0	7,1
ВЛ1-18	23,7	24,3	24,0	6,3	3,8	5,9	5,8	5,9
ВР-18	24,3	28,2	26,2	5,3	3,3	6,6	7,1	6,8
НСР ₀₅	4,49	5,88				1,09	1,23	

неустойчивым признаком. У сортов с высокой урожайностью отмечено меньшее количество зубков в луковице.

Высокой урожайностью обладали сорта Горец, Агатон, Полесский сувенир, Юниор и клоны ОР2-18, ЮМ1-18, МГ3-18, ББ1-18, ОРS-18, ОР5-18, ОР6-18, ММ3-18, МГ1-18, МГ4-18. Из общего количества оцениваемых образцов 43,7 % относились к группе с урожайностью 10–15 т/га. Для дальнейшей селекционной работы по признаку «урожайность» представляют интерес клоны ОР4-18, ЮМ1-18, МГ1-18, МГ4-18.

Разница по урожайности между минимальным и максимальным значениями составила 2,76 раза. Высокая степень варьирования урожайности и массы луковицы в зависимости от агроэкологических условий обуславливает и высокую изменчивость признака «урожайность» у большинства коллекционных образцов.

Луковицы коллекционных образцов чеснока озимого различались по массе зубка. Наибольшая масса отмечена у образцов Горец, Союз, ОР5-18 – от 6,3 до 8,0 г.

Высокой урожайностью характеризовались сорта Горец, Агатон, Союз, Юниор и клоны ОР5-18, ОР6-18, ЮМ1-18, ММ3-18, МГ1-18, МГ4-18.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сложившиеся метеоусловия позволяют сделать предположения об удовлетворительной перезимовке образцов чеснока озимого при установленном промерзании почвы и высоте снежного покрова.

При оценке зимостойкости чеснока озимого установлено, что образцы по данному признаку различались в годы исследований. В 2021 г. она составила 84,6–100,0 %. Большинство образцов (90,6 %) относилось к группе зимостойких. Высокой степенью зимостойкости характеризовались сорта Агатон, Горец, клоны ОР4-18, ОРS-18, БГ2-18, БГ4-18, МГ1-18, МГ3-18. В 2022 г. выделены сорта Полесский сувенир, Полет, Агатон, Горец, клоны ББ4-18, ВР-18. В среднем за два года зимостойкость у коллекционных образцов составила 87,2–99,4 %.

У образцов чеснока озимого минимальная масса луковицы 21,5 г была у клона ММ2-18, максимальная 53,5 г – у образца МГ1-18. Высоким значением признака «масса луковицы» характеризовались сорта Горец, Агатон, Союз и клоны МГ4-18, ОР6-18, ЮМ1-18. Различия между максимальным и минимальным значением массы луковицы составили 2,48 раза.

По урожайности выделены клоны ОР4-18, ОР6-18, ЮМ1-18, ММ3-18, МГ1-18, МГ4-18. Для дальнейшей селекционной работы по признаку «урожайность» выделены образцы ОР4-18, ЮМ1-18, МГ1-18, МГ4-18, «зимостойкость» – Агатон (99,4 %), Горец (98,8), Полесский сувенир (98,7), Полет (98,8), БГ2-18 (98,0), БГ4-18 (99,0), МГ3-18 (98,5), ББ4-18 (98,65 %).

По комплексу признаков выделены сорта Горец, Агатон, Союз, клоны ОР4-18, ОР6-18, ЮМ1-18, ММ3-18, МГ1-18, МГ4-18.

Список использованных источников

1. Алексеева, М. В. Чеснок / М. В. Алексеева. – М. : Россельхозиздат, 1979. – 102 с.

2. Атлас сортов образцов чеснока озимого / В. В. Скорина [и др.]. – Горки : БГСХА, 2020. – 40 с.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Лахин, А. С. Чеснок / А. С. Лахин ; под ред. Л. С. Колоколова. – Алма-Ата : Кайнар, 1978. – 184 с.
5. Лахин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лахин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1990. – 352 с.: ил.
6. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства. – М. : Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства, 2011. – 648 с.: ил.
7. Методические указания по селекции луковых культур / И. И. Ершов [и др.]. – М. : ВАСХНИЛ, 1997. – 118 с.
8. Методические указания по селекции репчатого лука и чеснока. – М., 1984. – 36 с.
9. Пивоваров, В. Ф. Луковые культуры / В. Ф. Пивоваров, И. И. Ершов, А. Ф. Агафонов. – М. : ВНИИССОК, 2001. – 499 с.
10. Середин, Т. М. Исходный материал чеснока озимого (*Allium sativum* L.) для селекции на комплекс хозяйственно ценных признаков и стабильно низкий уровень накопления экотоксикантов : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05, 06.01.09 / Т. М. Середин ; ФГБНУ ВНИИССОК. – М., 2015. – 134 с.
11. Скорина, В. В. Коллекционная оценка сортов образцов чеснока озимого (*Allium sativum* L.) на урожайность и зимостойкость / В. В. Скорина, И. Г. Кохтенкова, Н. П. Купреенко // Овощеводство. – 2019. – № 27. – С. 212–222.
12. Скорина, В. В. Селекционная оценка сортов образцов чеснока озимого (*Allium sativum* L.) на зимостойкость / В. В. Скорина, И. Г. Кохтенкова // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2020. – № 3. – С. 139–143.
13. Скорина, В. В. Селекция на адаптивность овощных и пряно-вкусовых культур / В. В. Скорина. – Горки : БГСХА, 2005. – 203 с.
14. Скорина, В. В. Селекция чеснока озимого / В. В. Скорина, И. Г. Берговина, Вит. В. Скорина. – Горки : БГСХА, 2014. – 123 с.
15. Эренбург, П. М. Лук и чеснок / П. М. Эренбург, А. С. Лахин. – Алма-Ата : Кайнар, 1971. – 143 с.

Поступила в редакцию 17 ноября 2022 г.

V. V. Skorina, Vit. V. Skorina

COMPARATIVE EVALUATION OF APPRECIABLE WINTER GARLIC VARIETIES FOR BREEDING

SUMMARY

Results of assessment of winter garlic varieties based on winter hardiness and main productivity traits are presented. The most promising varieties with high winter hardiness and yield have been selected for further breeding work.

Key words: winter garlic; variety; clone; bulb of garlic; winter hardiness; yield.

Вит. В. Скорина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры плодоовощеводства

В. В. Скорина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры плодоовощеводства

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТОМАТА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ НА КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований влияния микроудобрений на биохимический состав плодов и урожайность томата при выращивании в защищенном грунте.

Применение микроудобрений в хелатной форме с содержанием железа оказывает положительное влияние на биохимический состав плодов томата, способствует повышению урожайности в зависимости от сорта и ротации на 0,8–0,85 кг/м².

Ключевые слова: томат; гибрид; защищенный грунт; ротация; микроудобрение; урожайность; качество.

ВВЕДЕНИЕ

Томат (*Solanum lycopersicum* L.) – одна из наиболее экономически значимых овощных культур, на долю его производства приходится 28,03 % всего мирового производства овощей. В мире культура занимает площадь около 2,7 млн га. Удельный вес томата в мировом производстве овощей составляет 14,3 % [17].

Широкое распространение культуры определяется исключительно высокими вкусовыми и питательными свойствами плодов [7]. При низкой калорийности томатов (160–200 ккал/кг) их значительная ценность состоит в содержании различных витаминов, органических кислот, минеральных солей. В плодах содержится от 5 до 8 % сухих веществ, в том числе 3–7 % сахаров, до 1 % яблочной и лимонной кислот и белков, витамины группы В, С (аскорбиновая кислота), провитамин А (каротин), соли калия, натрия, кальция, магния, фосфора, железа, серы, йода и другие полезные вещества. Они необходимы для поддержания обмена веществ в организме человека и сохранения его трудоспособности [3].

Существенную роль при получении овощей в защищенном грунте играет внедрение новых энергосберегающих технологий, которые позволяют снизить себестоимость производимой продукции. Одним из факторов

энергосберегающих технологий является выращивание новых сортов и гибридов, способных давать высокие урожаи в условиях пониженного температурного режима и тем самым обеспечивать рост валового производства овощей [10].

Применяемая в настоящее время малообъемная технология выращивания овощных культур с использованием капельного полива и различных видов субстратов, удобрений позволяет управлять процессами их выращивания по современным технологиям [1, 2, 9].

Увеличение периода потребления свежих томатов и их продуктов является важной задачей, для решения которой защищенный грунт – необходимое звено обеспечения круглогодичного потребления овощей в свежем виде.

В условиях защищенного грунта томат по площади выращивания занимает второе место после огурца. Следует отметить, что производство продукции томата пока не достигло уровня, необходимого для удовлетворения потребностей населения. Повышение продуктивности данной культуры может быть достигнуто, прежде всего, за счет использования новых высокопродуктивных гибридов и усовершенствования интенсивных технологий их выращивания. Кроме создания новых сортов и гибридов томата для выращивания в защищенном грунте, создаются новые виды удобрений, среди которых особый интерес представляют удобрения, имеющие в своем составе кроме основных макроэлементов биологически активные вещества. Важное значение имеет и отношение новых сортов и гибридов томата к условиям минерального питания с учетом интенсивных технологий их выращивания.

Современные технологии выращивания овощных культур в теплицах требуют применения комплексных водорастворимых удобрений, не содержащих в своем составе нерастворимых примесей, а также микроэлементов в хелатной форме – хелаты железа, марганца, меди, цинка и др. Условия минерального питания влияют на формирование всех органов растений и служат фактором воздействия на их рост, развитие, ход биохимических процессов, качество и количество получаемой продукции [3, 4].

Следует отметить и применение в малообъемной культуре томата комплексных микроудобрений, содержащих железо в хелатной форме. Удобрения такого типа являются эффективным средством для борьбы с известковым (железным) хлорозом сельскохозяйственных растений. Комплексные микроудобрения, содержащие железо в хелатной форме, используют в защищенном грунте в качестве корневой и внекорневой обработки овощных культур.

К основным положительным свойствам удобрений в хелатной форме с содержанием железа можно отнести: отсутствие токсичности, совместимость с различными комплексными удобрениями, стабильно хорошо работает на грунтах с разной кислотностью, не вступает в реакцию с труднорастворимыми соединениями, почвенные микроорганизмы не влияют на свойства удобрения, легко растворяется в воде и практически полностью усваивается растениями, может использоваться одновременно с любыми ядохимикатами, особенно эффективны для внекорневой подкормки.

Цель исследований – провести оценку микроудобрений в хелатной форме с содержанием железа на томате в защищенном грунте и установить их влияние на урожайность и биохимические показатели продукции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в условиях защищенного грунта в 2021 г. при выращивании томата в двух ротациях гидропонным способом на капельном поливе.

Объектом исследования являлись томат и микроудобрение Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) (производитель ОАО «Буйский химический завод»). В качестве эталона использовали микроудобрение «Хелатэм», П, ДТПА Fe (Железо (Fe) – 11 %).

В первой ротации выращивали сорт F₁ Тореро, второй – F₁ Альтадена. Субстратом являлась минеральная вата «Мастер».

Посев семян на рассаду в первой ротации проводили в декабре, высадку рассады – в конце января, во второй ротации – 1-я декада апреля, высадка рассады на постоянное место – конец мая.

Регулирование и поддержание температурных параметров и водного режима – в соответствии с требованиями культуры при ее выращивании в защищенном грунте.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %);

2. Эталон. Микроудобрение «Хелатэм», П, ДТПА Fe (Железо (Fe) – 11 %). Удобрение применяли после высадки рассады на постоянное место в период роста и массового плодоношения растений. Маточный раствор для капельного полива готовили в соотношении 1:100.

Повторность опытов 4-кратная, размещение делянок рандомизированное. В работе придерживались основных положений методики полевого опыта и методических указаний по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений [5, 8].

Математическая обработка полученных данных осуществлялась по Б. А. Доспехову [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценку эффективности влияния микроудобрений на биохимический состав плодов томата, при выращивании томата на капельном поливе, проводили в химико-экологической лаборатории УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» согласно существующим методикам и ГОСТам.

В результате полученных данных установлено, что при оценке качества плодов томата (табл. 1) установлена достоверность различий между вариантами опыта.

У сорта F₁ Тореро в первой ротации наибольшее содержание сухого вещества в плодах отмечено при применении микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) – 4,58 %, витамина С – 14,0 мг/100 г, растворимых углеводов –

1,72 %, каротина – 9,1 мг/кг. При применении микроудобрения «Хелатэм», П, ДТПА Fe (Железо (Fe) – 11 %) значение данных показателей составило 4,49 %, 12,8, 1,44 % и 8,9 мг/кг соответственно.

Различия между вариантами опыта при применении микроудобрений с содержанием железа достоверно подтверждаются статистическими данными по содержанию витамина С ($НСР_{05} = 0,838$), растворимых углеводов ($НСР_{05} = 0,099$), азота, фосфора и калия.

При использовании микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) урожайность сорта F_1 Тореро в первой ротации составила 20,25 кг/м². Более высокие сборы плодов томата получены во 2–4-м месяцах плодоношения. Урожайность составила от 4,9 до 6,55 кг/м² (табл. 2).

В первой ротации ранняя урожайность получена в опытном варианте 2,2 кг/м², в эталоне – 2,1 кг/м². Относительно эталона прибавка составила 0,85 кг/м² при применении микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %).

Средняя масса плода в вариантах опыта составила 250–255 г.

Отмечена достоверность различий между вариантами при применении микроудобрений по периодам плодоношения и в целом за ротацию ($НСР_{05} = 0,835$). Товарная урожайность в опытном варианте с применением микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) составила 19,6 кг/м², эталоне – 18,7 кг/м².

На основании полученных результатов установлено, что при применении микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) наблюдается тенденция повышения урожайности.

Во второй ротации, на основании анализа полученных данных, выявлены различия у сорта F_1 Альтадена по основным показателям качества продукции (табл. 3). Установлена достоверность различий между вариантами опыта по содержанию каротина ($НСР_{05} = 0,644$) и нитратов ($НСР_{05} = 3,059$).

Следует отметить, что по содержанию растворимых углеводов, общей кислотности, витамина С, сухого вещества показатели были несколько выше в варианте с применением микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) по сравнению с эталоном.

В результате применения микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) при выращивании культуры томата в защищенном грунте наибольшая урожайность получена за первые три месяца плодоношения и составила от 5,15 до 6,35 кг/м².

Урожайность во второй ротации с применением микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) составила 20,0 кг/м², в эталоне – 19,2 кг/м², что подтверждается данными статистической обработки ($НСР_{05} = 0,753$) (табл. 4). Дополнительно получено 0,8 кг/м² продукции по отношению к эталону.

Средняя масса плода составила от 230,0 г в эталоне до 245,0 г в варианте с применением микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %).

Таблица 1 – Биохимические показатели плодов томата (1-я ротация)

Варианты опыта	Сухое вещество, %	Каротин, мг/кг	Витамин С, %	Растворимые углеводы, %	N, %	P, %	K, %
Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %)	4,58	9,1	14,0	1,72	0,34	0,31	0,27
Эталон. Микроудобрение «Хелатэм», П, ДТПА Fe (Железо (Fe) – 11 %)	4,49	8,9	12,8	1,44	0,29	0,28	0,24
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,838	0,099	0,026	0,025	0,017

Таблица 2 – Динамика поступления урожая томата в защищенном грунте

Варианты опыта	Урожайность, кг/м ²						
	Период плодоношения, месяц				Ранняя	За ротацию	Товарная
	1	2	3	4			
Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %)	2,2	4,9	6,6	6,55	2,2	20,25	19,6
Эталон. Микроудобрение «Хелатэм», П, ДТПА Fe (Железо (Fe) – 11 %)	2,1	4,7	6,0	6,5	2,1	19,30	18,7
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,573	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,835	$F_{\phi} < F_{05}$

Таблица 3 – Биохимические показатели плодов томата (2-я рогация)

Варианты опыта	Растворимые углеводы, %	Каротин, мг/кг	Общая кислотность, %	Витамин С, мг/100 г	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг
Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %)	3,88	11,6	0,385	15,0	6,38	50,2
Эталон. Микроудобрение «Хелатэм», П, ДТПА Fe (Железо (Fe) – 11 %)	3,65	10,3	0,401	14,4	6,31	53,8
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	0,644	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	3,059

Таблица 4 – Динамика поступления урожая томата в защищенном грунте

Варианты опыта	Урожайность, кг/м ²						Масса плода, г
	Период плодоношения, месяц				Ранняя	За ротацию	
	1	2	3	4			
Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %)	5,3	5,15	6,35	3,2	5,3	20,0	245,0
	5,1	4,8	6,2	3,1	5,1	19,2	230,0
Эталон. Микроудобрение «Хелатэм», П, ДТПА Fe (Железо (Fe) – 11 %)	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	F _φ < F ₀₅	0,753	F _φ < F ₀₅

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) в хелатной форме с содержанием железа при выращивании томата на капельном поливе в защищенном грунте способствует повышению урожайности и улучшению биохимических показателей плодов. Отмечено повышение содержания в плодах сухого вещества, витамина С, каротина, растворимых углеводов. Применение микроудобрения Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) способствует повышению общей урожайности на 4,0–4,9 %, товарной – 4,8 % и ранней урожайности на 3,9–4,7–16,3 %. Применяемое микроудобрение Хелат железа 13 % (ЭДТА Fe – 13 %) в хелатной форме с содержанием железа отвечает требованиям при выращивании культуры томата на капельном поливе.

Список использованных источников

1. Аутко, А. А. Овощеводство защищенного грунта / А. А. Аутко, Г. И. Гануш, Н. Н. Долбик. – Минск, 2006. – 310 с.
2. Аутко, А. А. Состояние и перспективы развития тепличного овощеводства в Республике Беларусь / А. А. Аутко // Теплицы России. – 2007. – № 4. – С. 22–23.
3. Борисов, В. А. Удобрение овощных культур / В. А. Борисов. – М. : Колос, 1978. – 206 с.
4. Глунцов, Н. М. Применение удобрений в тепличном хозяйстве / Н. М. Глунцов. – М. : Московский рабочий, 1987. – 143 с.
5. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: справочное издание / А. В. Пискун [и др.]. – Минск, 2020. – 742 с.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
7. Кондратьева, И. Ю. Частная селекция томата / И. Ю. Кондратьева. – М., 2010. – 272 с.
8. Методические указания по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2008. – 36 с.
9. Скорина, В. В. Овощеводство защищенного грунта: учебное пособие // В. В. Скорина. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 260 с.
10. Скорина, В. В. Производство овощей в защищенном грунте Беларуси / В. В. Скорина, Д. А. Романьков. // Овощеводство : сб. науч. тр. – Минск : РУП «Институт овощеводства», 2020. – Т. 28. – С. 149–154.
11. ЭМСП тепличных овощных культур в странах Юго-Восточной Европы. Принципы устойчивой интенсификации производства в мелких фермерских хозяйствах [Электронный ресурс] / ФАО. – 2017. – Режим доступа: <https://www.fao.org/3/i6787r/i6787r.pdf>. – Дата доступа: 27.10.2022.

Поступила в редакцию 28 ноября 2022 г.

Vit. V. Skorina, V. V. Skorina

**EFFECTIVENESS OF MICRO-FERTILIZERS USE IN GROWING
TOMATO IN PROTECTED GROUND USING DRIP WATERING**

SUMMARY

The article presents the research results on the influence of micro-fertilizers on fruits biochemical composition and tomato yield when growing tomatoes in protected ground.

Micro-fertilizers use with iron in chelate form has a positive effect on the biochemical composition of tomato fruits, increases the yield by 0.8–0.85 kg/m² depending on the variety and rotation.

Key words: tomato; hybrid; protected ground; rotation; micro-fertilizer; yield; quality.

М. А. Стадниченко, старший преподаватель
Белорусский государственный университет, г. Минск

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОЗБУДИТЕЛЯ БОТРИТИОЗА С МИКРООРГАНИЗМАМИ В УСЛОВИЯХ ЧИСТОЙ КУЛЬТУРЫ

РЕЗЮМЕ

*Изучено взаимодействие изолятов возбудителя ботритиоза с микроорганизмами in vitro. Показано антагонистическое действие бактерий рода *Bacillus* и грибов родов *Trichoderma* и *Chaetomium* по отношению к фитопатогену. Полученные данные говорят о перспективности продолжения научных исследований в данной области для создания эффективных биологических средств защиты от ботритиоза культурных растений.*

Ключевые слова: ботритиоз; изолят; возбудитель; серая гниль; биологическая защита; штамм; микофильные грибы; ризосферные бактерии; антагонист.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы большое внимание исследователями уделяется группе грибов, которые способны развиваться сапротрофно на растительных остатках, но при определенных условиях вызывать болезни растений и даже быть причиной развития эпифитотий у многих сельскохозяйственных и цветочных культур. К такой группе грибов относится возбудитель ботритиоза митоспорный гриб *Botrytis cinerea* Pers. Частота встречаемости болезни варьирует по годам, что связано с восприимчивостью отдельных хозяев, условий вегетационного периода или микроклимата в конкретном месте произрастания растений [13]. Необходимым условием развития болезни является высокая влажность, поэтому ареал его распространения, как правило, в зоне с умеренным климатом. Также патоген активно развивается в закрытых сооружениях с повышенной влажностью воздуха и плохой аэрацией [4]. По уровню биологической организации *B. cinerea* – это типичный мицелиальный гриб, характеризующийся обильным конидиальным спороношением и почти полным отсутствием полового процесса. Неблагоприятные условия стимулируют формирование покоящихся структур – склероциев [10, 13].

Детальное изучение биологических и экологических особенностей патогена позволит не только ограничивать развитие заболевания, но также разрабатывать эффективные приемы профилактики и защиты растений. В борьбе с серой гнилью важно не допускать загущенности растений и заноса инфекции в места хранения, поддерживать оптимальные температуру и влажность, использовать фунгистатические препараты направленного действия. На начальных этапах лечение болезни происходит успешно, но нужно учитывать специфику патогена для дальнейшего снижения распространения

возбудителя. Благодаря своей высокой адаптивной способности и пластичности гриб успешно культивируется в искусственных условиях, что позволяет проводить поиск потенциальных агентов биологической защиты от действия *B. cinerea* [12]. Одним из преимуществ биологических методов защиты в сравнении с химическими методами является не полное истребление патогена, а включение естественных регуляторных механизмов, которые ограничивают развитие возбудителя и тем самым снижают их вредоносность [9].

Одним из приоритетных направлений для снижения вредоносности возбудителя ботритиоза выступает поиск антагонистов гриба *B. cinerea* среди микофильных грибов и ризосферных бактерий. В связи с этим задачей наших исследований было изучить характер взаимодействия грибов *Trichothecium roseum* (Pers.) Link, *Trichoderma koningii* Oudem., *T. viride* 408, *T. viride* 457, *Chaetomium* Kunze, бактерий рода *Pseudomonas* и *Bacillus* по отношению к возбудителю ботритиоза *in vitro*, как потенциальных агентов биологической защиты растений для борьбы с фитопатогеном.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследований служили изоляты возбудителя серой гнили *B. cinerea*, выделенные из различных питающих растений (*Pelargonium zonale* L., *Petroselinum crispum* (Mill) A. W. Hill, *Vitis vinifera* L., *Rubus idaeus* L., *Solanum lycopersicum* L., *Capsicum annuum* Group, *Solanum melongena* L., *Daucus sativus* (Hoffm) Roehl, *Brassica oleraceae* L.) [10]. Выделение изолятов в чистую культуру осуществляли согласно методическим указаниям [6, 7], идентификацию проводили по определителям, используемым в микологии и фитопатологии [1, 8].

Поиск потенциальных антагонистов к *B. cinerea* выявлен из числа штаммов и изолятов почвенных сапротрофных грибов (*Trichothecium roseum*, *Trichoderma viride* 408, *T. viride* 457, *T. koningii*, *Chaetomium* sp.), ризосферных и эпифитных бактерий (*Bacillus subtilis* 494, *B. subtilis* 8, *B. amyloliquefaciens* 73A3, *Pseudomonas putida* M). Штаммы митоспоровых грибов, аскомицет *Chaetomium* sp., штаммы бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, используемые в экспериментальных исследованиях, являются частью коллекций чистых культур кафедры ботаники и кафедры микробиологии биологического факультета Белорусского государственного университета.

Антагонистическую активность грибов изучали методом встречных культур при одновременном посеве на картофельно-сахарозном агаре. Бактерии засеивали кольцом на подсушенную агаризованную среду в чашки Петри после образования бактериального кольца, в центр которых помещали мицелий *B. cinerea* и культивировали при температуре 22–24 °С. Основным критерием оценки исследуемых бактерий и почвенных грибов являлось их влияние на рост и развитие изолятов патогена. Наблюдения за ростом культур и характером их взаимодействия проводили в течение 10 суток.

Основным критерием антагонистической оценки исследуемых бактерий и грибов являлось их влияние на рост, развитие и спорноспособную активность

изолятов патогена [6, 7]. Ингибирование роста патогена в процентах вычисляли на 5-е сутки по формуле

$$P = ((K - A) \times 100) / K,$$

где P – показатель ингибирования, %;

K – рост гриба в контроле, мм;

A – рост гриба в опыте, мм.

Степень угнетения фитопатогена учитывали через 10 суток совместного культивирования грибов. Для описания внешнего вида колонии использовали шкалу: А – патоген угнетен в сильной степени, мицелий редкий, прижатый к субстрату; Б – патоген угнетен слабо; В – патоген не угнетен; Г – патоген весь покрыт гиперпаразитом.

Оценкой в баллах обозначали площадь патогена, занятую грибами-антагонистами (через 10 суток): 0 – нет нарастания колонии гриба-антагониста на колонию патогена; 1 – гриб занимает до 25 % площади колонии патогена; 2 – 26–50; 3 – гриб занимает 51–75 %, 4 – гиперпаразит полностью покрывает колонию патогена [10]. Также знаком «+» рядом с цифрой обозначали нарастание гриба-антагониста на колонию фитопатогена, а знаком «++» отмечали появление на колонии патогена очагов спороношения гриба-антагониста. При отсутствии нарастания антагониста на колонию *B. cinerea* измеряли интенсивность спороношения в опытных и контрольных вариантах.

Взаимоотношения между микроорганизмами и фитопатогеном характеризовали 5-ю типами [10]: I – индифферентные (безразличные) взаимоотношения; II – фунгистатический алиментарный (односторонний); III – территориальный антагонизм; IV – антибиотический антагонизм; V – взаимный антагонизм.

Интенсивность спорообразования грибов определяли по формуле [6]

$$I = L \times N / S \times V,$$

где I – интенсивность спорообразования, шт/см²;

L – объем воды для смыва спор, мл;

N – среднее количество спор в малом квадрате камеры Горяева, шт.;

S – площадь вырезанной спороносящей поверхности, см²;

V – объем малого квадрата камеры, м.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время накоплен обширный материал, свидетельствующий о высокой потенциальной активности антагонистов из рода почвенных грибов *Trichoderma*, способных продуцировать антибиотики, гидролитические ферменты, обладающие антифунгальным действием. В некоторых культурах *T. viride*, например, образуются хитиназа и глюканазы, которые приводят к лизису клеточных стенок грибов [3, 9]. Многие штаммы *Trichothecium roseum* образуют антибиотик трихотецин, убивающий мицелий других грибов, и используют его в качестве питательного субстрата [2]. Под воздействием антибиотических веществ фитопатогены плохо развиваются, снижается спорообразование, гифы деформируются. Отдельные виды сумчатых грибов рода

Chaetomium продуцируют антибиотическое вещество хитомин, который эффективен по отношению к бактериям и фитопатогенным грибам.

Результаты наших исследований по изучению характера взаимоотношений *B. cinerea* с грибами рода *Trichoderma* показали, что они обладают антагонистическими свойствами по отношению к возбудителю ботритиоза в разной степени. При одновременном посеве наибольшее угнетение роста гриба *B. cinerea* отмечено в тесте с *T. viride* 408 и *T. viride* 457, где показатель ингибирования на 5-е сутки был равен 36,4 и 53,1 % соответственно (табл.).

Штаммы *T. viride* не только нарастают на колонии возбудителей ботритиоза, но и спороносили, проявляя степень гиперпаразитической активности, равную 2. Тип взаимоотношений, когда происходит нарастание колонии антагониста на поверхность колонии фитопатогена, характеризуется как фунгистатический алиментарный антагонизм (рис. 1б, 1с).

Не отмечено гиперпаразитической активности штамма *T. koningii*, патоген был угнетен слабо, нарастания на колонии возбудителя на 10-е сутки не наблюдали, кроме того, интенсивность спороношения в эксперименте была на 20 % выше контроля (рис. 1а). Такой тип взаимоотношений был охарактеризован как территориальный антагонизм, когда происходит обрастание колонии патогена антагонистом. Обычно патоген отстает в росте и снижается споруляция.

Несмотря на слабое угнетение ростовых процессов (показатель ингибирования 25,5 %), отмечалось значительное сокращение спорообразования

Таблица – Оценка антагонистической активности грибов методом встречных культур

Гриб-антагонист	Показатель ингибирования, %	Интенсивность спорообразования, тыс. спор/см ²		Внешний вид колонии патогена и степень нарастания, балл		Тип взаимоотношений
		Эксперимент	Контроль			
<i>Trichoderma viride</i> 408	36,4	–	–	А	2+	II
<i>Trichoderma viride</i> 457	53,1	–	–	А	2++	II
<i>Trichoderma koningii</i>	24,9	25,3	20,5	Б	0	III
<i>Trichothecium roseum</i>	3,0	28,7	25,7	В	0	I
<i>Chaetomium sp.</i>	25,5	4,8	28,5	Б	0	IV

Примечания. 1. А – патоген угнетен в сильной степени; Б – патоген угнетен слабо; В – патоген не угнетен.

2. 0 баллов – нет нарастания; 1 балл – гиперпаразит занимает до 25 % площади колонии патогена; 2 балла – 26–50 % колонии фитопатогена.

3. + – нарастание гиперпаразита; ++ – на колонии патогена очаги спороношения гиперпаразита.

4. I – индифферентные; II – фунгистатический алиментарный антагонизм; III – территориальный; IV – антибиотический антагонизм.

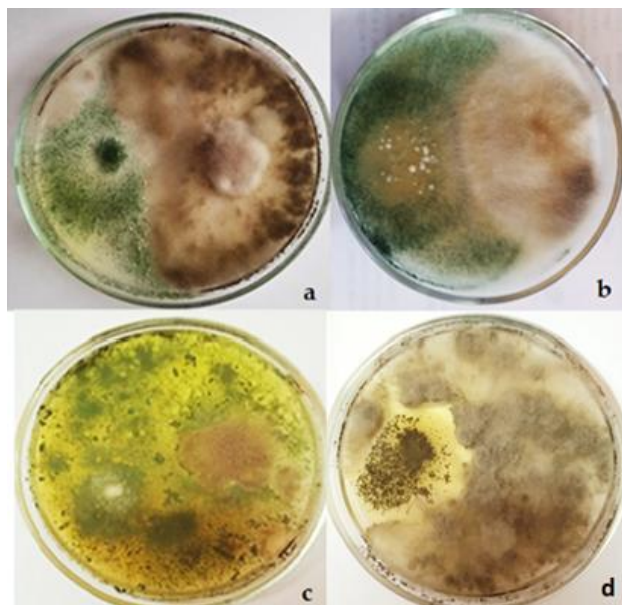


Рисунок 1 – Ингибирование возбудителя ботритиоза грибами: а – *T. koningii*, б – *T. viride* 408, с – *T. viride* 457, д – *Chaetomium* sp.

патогена при совместном культивировании с грибом *Chaetomium* sp. Интенсивность спороношения была в 5,9 раза ниже, чем в контроле. Ограничение конидиального формирования у фитопатогена свидетельствует о выделении в субстрат продуктов метаболизма грибом-антагонистом, что подтверждается наличием свободной зоны между грибами (рис., 1d). Тип взаимоотношений характеризуется как антибиотический антагонизм – замедление роста колонии патогена, образование зоны, в которой роста патогена не наблюдается, но проявляется снижение репродуктивной активности вследствие выделения продуктов жизнедеятельности антибиотической природы антагонистом.

Изучение характера взаимоотношений при совместном культивировании изолятов *B. cinerea* и *Trichothecium roseum* показало, что отношения между грибами индифферентные, что свидетельствует об отсутствии гиперпаразитарической способности или фунгистатического действия изолята *Tr. roseum*. Показатель ингибирования составил всего 3 %.

Бактериальным штаммам отводится важная роль в биологическом контроле фитопатогенов на сельскохозяйственных культурах. В рамках определения характера взаимоотношений и поиска антагонистов гриба *B. cinerea* среди бактерий изучено действие представителей родов *Pseudomonas* и *Bacillus*. Псевдомонады способны синтезировать высокоактивные антимикробные вещества, которые ингибируют многие фитопатогенные грибы, в том числе и развитие серой гнили [5]. Спектр антибиотической активности бактерий рода *Bacillus* формируется за счет продуцирования экзоферментов и эндобиотиков.

Рассмотрен характер роста в условиях чистой культуры трех изолятов возбудителя серой гнили, относящихся к различным морфогруппам (склероциальной,

спорулирующей, мицелиальной). Отмечено, что в кольце бактерий рода *Bacillus* рост колоний патогена прекращался на 2–3-и сутки, на 5-е сутки показатель ингибирования составил 88,6–100 %, что указывает на высокую степень антагонизма (рис. 2, 3а, 3б). Проведенные исследования показали, что по отношению к изолятам *B. cinerea* максимальную степень антагонизма проявили бактерии *B. amyloliquefaciens* 73А3 (показатель ингибирования 100 %).

Не отмечено снижение радиального роста фитопатогена в кольце бактерии *P. putida* М, колонии которого распространялись за кольцо бактерий (рис. 3с). На 5-е сутки показатель ингибирования стремился к нулю или даже отмечалось небольшое стимулирование роста гриба под влиянием бактерий (–1,7–3,8 %). Однако на 10-е сутки рост гриба *B. cinerea* в опыте с бактериями *P. putida* М сравнялся с контролем.

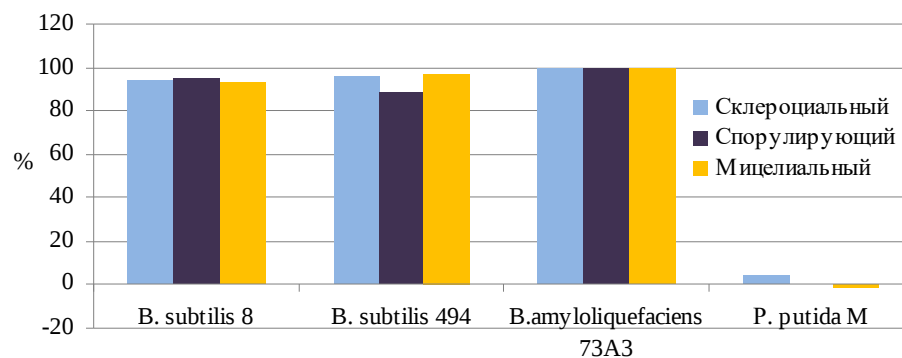


Рисунок 2 – Антагонистическая активность бактерий по отношению к изолятам возбудителя ботритиоза, %

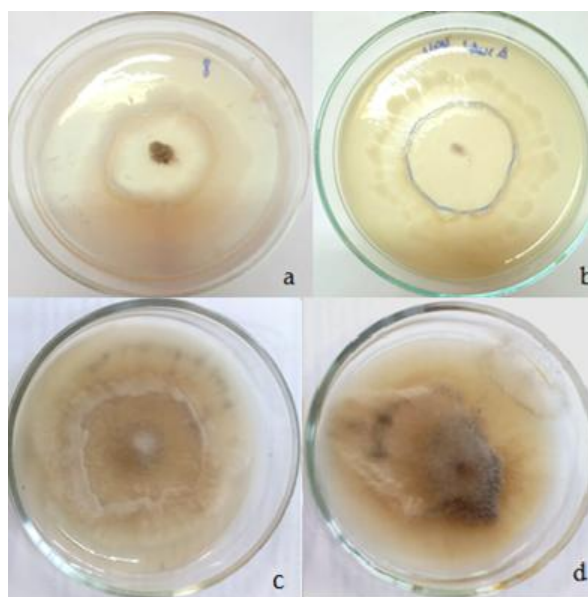


Рисунок 3 – Действие бактерий *B. subtilis* 8 (а), *B. subtilis* 494 (б), *P. putida* М (с) по отношению к *B. cinerea* – контроль (д)

Таким образом, наибольшее угнетение изоляты *B. cinerea* испытывали в тестах с бактериями рода *Bacillus* на основании расчета показателя ингибирования. Полученные результаты можно объяснить возможностью испытываемых бактерий синтезировать вещества антимикробного действия, при действии которых характерным типом взаимоотношений является антибиотический антагонизм. В противовес индифферентные взаимоотношения наблюдались в тестах *B. cinerea* и *P. putida*, где происходило нарастание колонии фитопатогена на поверхность бактерий с сохранением скорости роста гриба.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изученные штаммы почвенных грибов рода *Trichoderma* проявили антагонистический эффект по отношению к возбудителю ботритиоза, показатель ингибирования составил 24,9–53,1 %. Фунгистатический алиментарный антагонизм отмечен при совместном культивировании с *T. viride* 408 и *T. viride* 457. Такой тип отношений, как территориальный антагонизм, установлен между *Trichoderma koningii* и изолятами *B. cinerea*.

При совместном культивировании фитопатогена *B. cinerea* и грибом-аскомицетом *Chaetomium sp.* отмечено значительное снижение интенсивности спороношения изолятов серой гнили. Свободная зона на границе соприкосновения двух грибов свидетельствует о способности *Chaetomium sp.* синтезировать вещества антибиотической природы, что позволяет говорить об антибиотическом антагонизме.

Индифферентные взаимоотношения *B. cinerea* отмечены в опыте с грибом *Trichothecium roseum* и бактерией *Pseudomonas putida* М. Соответственно, данные микроорганизмы не могут быть рекомендованы как агенты биологической защиты для снижения вредоносности патогена.

Бактерии *Bacillus subtilis* 494, *B. subtilis* 8 и *B. amyloliquefaciens* 73АЗ являются антагонистами гриба *Botrytis cinerea*. Показатель ингибирования составил 88,6–100 % при совместном культивировании изолятов серой гнили и бактерий рода *Bacillus*, что позволяет инициировать дальнейшие исследования для создания на их основе эффективных биологических средств защиты растений от возбудителя ботритиоза.

Список использованных источников

1. Билай, В. И. Определитель токсинообразующих микромицетов / В. И. Билай, З. И. Курбацкая. – Киев : Наукова думка. – 1990. – 236 с.
2. Жизнь растений : в 6 т. / под ред. М. В. Горленко. – М., 1976. – Т. 2: Грибы. – 541 с.
3. Коломбет, Л. В. Грибы рода *Trichoderma* – продуценты биопрепаратов для растениеводства / Л. В. Коломбет // Микология сегодня : сб. науч. тр. и лекций // Нац. акад. микологии ; под ред. Ю. Т. Дьякова, Ю. В. Сергеева. – М., 2007. – Т. 1. – С. 323–371.
4. Лихачев, А. Н. Грибы рода *Botrytis Micheli* (Fungi, Deuteromycota): биология, экология, микроэволюция : дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.24 / А. Н. Лихачев. – М., 2000. – 350 л.

5. Максимова, Н. П. Антифунгальная активность биопрепаратов на основе природных и эпифитных бактериальных штаммов / Н. П. Максимова, В. Д. Поликсенова, В. В. Лысак // Тез. докл. науч.-производ. конф., посвящ. 25-летию БелНИИЗР, Минск – Прилуки, 14–16 февр. 1996 г. : в 2 ч. – Минск, 1996. – Ч. 1. – С. 147–149.
6. Методические указания к занятиям спецпрактикума по разделу «Микология. Методы экспериментального изучения микроскопических грибов» / авт.-сост. В. Д. Поликсенова [и др.]. – Минск : БГУ, 2004. – 36 с.
7. Методы экспериментальной микологии / под общ. ред. В. И. Билай. – Киев, 1982. – 552 с.
8. Определитель болезней растений / М. К. Хохряков [и др.]. – СПб. : Лань, 2003. – 592 с.
9. Сейкетов, Г. Ш. Грибы рода триходерма и их использование в практике / Г. Ш. Сейкетов. – Алма-Ата, 1982. – 248 с.
10. Сравнение гиперпаразитической и антибиотической активности изолятов рода *Trichoderma* Pers.: Fr. и *Gliocladium virens* Miller, Giddens et Foster по отношению к патогенам, вызывающим корневые гнили гороха / Л. Л. Великанов [и др.] // Микология и фитопатология. – 1994. – Т. 28, вып. 6. – С. 52–56.
11. Стадниченко, М. А. Морфолого-культуральные особенности изолятов митоспорового гриба *Botrytis cinerea* Pers. / М. А. Стадниченко, К. В. Вергейчик // Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., приуроченной к 100-летию кафедры ботаники, Минск, 31 мая 2021 г. / БГУ ; редкол. : В. Н. Тихомиров (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Изд. центр БГУ., 2021. – С. 201–204.
12. Стадниченко, М. А. Перспективы биологического контроля возбудителя ботритиоза на пасленовых культурах / М. А. Стадниченко // Вестн. Белгос. ун-та. Сер. 2. – 2011. – № 2. – С. 49–55.
13. Botrytis: Biology, Pathology and Control / Edited by Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzunski, N. Delen // Springer. – The Netherlands, 2007. – 403 p.

Поступила в редакцию 28 ноября 2022 г.

M. A. Stadnichenko

INTERACTION OF THE CAUSATIVE AGENT OF BOTRYTIOSIS WITH MICROORGANISMS IN CONDITIONS OF PURE CULTURE

SUMMARY

The interaction of isolates of the causative agent of botrytiosis with microorganisms in vitro was studied. The antagonistic effect of bacteria of the genus Bacillus and fungi of the genera Trichoderma and Chaetomium in relation to the phytopathogen was shown. The data obtained indicate that it is promising to continue scientific research in this area in order to create effective biological means of protection against botrythiosis in cultivated plants.

Key words: botrytiosis; isolate; causative agent; gray rot; biological protection; strain; mycophilous fungus; rhizospheric bacteria; antagonist.

А. Э. Станчук, научный сотрудник

Д. В. Войтка, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией микробиологического метода защиты растений от вредителей и болезней

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский район

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ И МИКРОУДОБРЕНИЯ В ОГРАНИЧЕНИИ ВРЕДНОСТИ БОЛЕЗНЕЙ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ В ПЕРИОД ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты исследований влияния биологических препаратов, фунгицидов и микроудобрения, применяемых в период вегетации культуры, способствующих повышению лежкоспособности корнеплодов с биологической эффективностью против склеротиниоза до 99,8 %, от комплекса болезней – до 100,0 % с выходом товарных корнеплодов до 99,4 %, а также биологических препаратов, применяемых путем обработки корнеплодов перед закладкой на хранение, где показатель биологической эффективности достигал 88,8 % в отношении склеротиниоза и 100,0 % – от комплекса болезней с выходом товарной продукции до 96,5 %.

Ключевые слова: морковь столовая; болезни; распространенность; развитие; биологические препараты; микроудобрение; фунгициды; хранение; выход товарных корнеплодов; биологическая и хозяйственная эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике приоритетным направлением защиты растений является внедрение экологически направленных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Для сокращения химической нагрузки на агробиотенос разрабатываются программы реноваций или дополнительного (а также заместительного) применения к средствам химической защиты растений менее опасных средств. Альтернативой химическим препаратам являются биологические, обладающие рядом преимуществ: высокой биологической эффективностью, избирательностью действия, отсутствием формирования резистентности у фитопатогенов и сроков ожидания, что обосновывает их безопасное применение в любой фазе вегетации культуры [8].

В научной литературе представлена информация о применении в биологической защите посевов моркови столовой препаратов на основе таких микроорганизмов, как *Pythium oligandrum*, *Trichoderma* spp., *Coniothyrium minitans*, *Bacillus subtilis* и др., ограничивающих развитие болезней [1, 13, 16]. Помимо целевых характеристик, препараты на их основе являются безопасными для

человека и окружающей среды, что соответствует современным требованиям рынка к процессу производства и качеству получаемой сельскохозяйственной продукции, что особенно актуально на культуре моркови столовой, так как корнеплоды потребляются в свежем виде. В европейских странах используют широкий спектр биологических препаратов, однако применение их на практике в нашей стране весьма ограничено [14, 17]. В целях дальнейшего прогресса биологического метода для снижения химической нагрузки на агроэкосистемы необходимо активное включение в интегрированную систему биологических средств защиты растений. Для этого следует провести испытания с оценкой эффективности, целесообразности применения уже разработанных биопрепаратов и дальнейшего внедрения их в производство.

Важным элементом защиты растений, влияющим на развитие и вредоносность болезней, является система применения удобрений, в этом случае может происходить подавление патологического процесса в результате повышения иммунитета растений, усиления ростовых процессов, ускорения развития растений и повышения урожайности. Исследователями представлена информация о положительном влиянии микроудобрений на выход товарных корнеплодов после длительного хранения от 2,5 до 11,8 % [11, 12].

Таким образом, до настоящего времени недостаточно изучено влияние на лежкоспособность и потребительские свойства корнеплодов моркови столовой биологических препаратов в системе защиты, требует более детальных исследований вопрос о роли средств защиты и микроудобрений в повышении устойчивости к специализированным фитопатогенным микроорганизмам в период хранения. В связи с этим целью исследований являлась оценка современных биологических препаратов, фунгицидов и микроудобрения по показателям биологической и хозяйственной эффективности для повышения лежкоспособности корнеплодов моркови столовой и улучшения их качества в период хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2019–2021 гг. в лаборатории защиты овощных культур и картофеля РУП «Институт защиты растений» на сорте моркови столовой Красный великан. Объектом фитопатологических исследований являлись болезни корнеплодов в период хранения. Опыты, проводимые в период вегетации, были заложены рендомизированным методом в 4-кратной повторности. Общая площадь делянки – 21 м², учетной – 12 м² [6, 7]. Контроль численности вредителей и сорных растений осуществляли зарегистрированными препаратами в соответствии с регламентами их применения. Опыты по изучению влияния биологических препаратов, фунгицидов и микроудобрения, применяемых в период вегетации, на сохранность корнеплодов проводили при расходе рабочей жидкости 300 л/га по схеме, представленной в таблице 1.

Первую обработку (профилактическую) осуществляли в период смыкания ботвы при массовом полегании листьев на почву (за месяц до уборки урожая), повторно – за 14 дней до уборки урожая. Учет развития бурой пятнистости

Таблица 1 – Схема опыта по изучению влияния средств защиты растений и удобрения на сохранность корнеплодов моркови столовой

Вариант	Средство защиты растений, удобрение	Действующее вещество	Норма расхода, л/га	Кратность обработок
Контроль	–	–	–	–
Фунгилекс, Ж	Биопрепарат	<i>Trichoderma</i> sp. D-11	6,0	2
Веgetатин, Ж	Биопрепарат	<i>Bacillus mojavensis</i> + <i>Bacillus</i> spp.	6,0	2
Наноплант	Микроудобрение	<i>Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se</i>	0,1	2
Фунгилекс, Ж + Наноплант	Биопрепарат + микроудобрение	<i>Trichoderma</i> sp. D-11 + <i>Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se</i>	6,0 + 0,1	2
Догода, КЭ + Наноплант	Фунгицид + микроудобрение	Тebuконазол, 125 г/л + дифеноконазол, 125 г/л + <i>Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se</i>	0,75 + 0,1	2

листьев проводили перед уборкой по 5-балльной шкале [16]. Отбор проб корнеплодов моркови для закладки на хранение осуществляли при уборке урожая (по 100 шт. корнеплодов с каждой повторности – 400 шт. с варианта). Отобранные корнеплоды хранили в ящиках при температуре от 0 до 1–2 °С и относительной влажности воздуха 90–95 % [10]. Учет гнилей корнеплодов в период хранения проводили ежемесячно после закладки на хранение. Развитие болезней на корнеплодах моркови столовой оценивали по 4-балльной шкале, предложенной Э. А. Власовой [2]. Анализ распространенности, развития болезней и расчет биологической эффективности проводили согласно «Методическим указаниям по проведению регистрационных испытаний фунгицидов в сельском хозяйстве» [9]. Для определения эффективности биологических препаратов в отношении возбудителей гнилей корнеплоды моркови столовой были обработаны перед закладкой на хранение (по 50 шт. в 4-кратной повторности). Норма расхода рабочей жидкости – 3,0 л/т.

Статистический анализ полученных результатов осуществляли в соответствии с рекомендациями Б. А. Доспехова [5]. Обработка экспериментальных данных выполнена в пакете прикладных программ MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении исследований по определению эффективности биологических препаратов, фунгицидов и микроудобрения в посевах моркови столовой, предназначенной для длительного хранения, отмечено, что обработки посевов препаратами снижали развитие бурой пятнистости листьев в период вегетации. Проявление болезни в определенной мере связано с погодными условиями. Так, интенсивность развития болезни в посевах моркови в годы исследований характеризовалась от умеренной до предэпифитотийной. Данные учета развития бурой пятнистости листьев перед уборкой урожая

показали, что развитие болезни в опытных вариантах с применением биологических препаратов находилось практически на одном уровне: от 10,8 до 15,9 % в 2019 г. и от 13,5 до 15,2 % в 2020 г., тогда как в контроле данный показатель достигал 31,9 и 29,6 % соответственно (табл. 2).

В вариантах, где применяли биологические и химические препараты в комбинации с микроудобрением, развитие болезни удалось эффективно ограничить: в вариантах с комбинацией биологического препарата и микроудобрения (Фунгилекс, Ж + Наноплант) – до 13,1–13,7 %; фунгицида и микроудобрения (Догода, КЭ + Наноплант) – до 4,3–6,5 % в зависимости от года исследований. Биологическая эффективность препаратов Фунгилекс, Ж и Вегетатин, Ж варьировала от 48,6 до 50,2 % и от 54,3 до 66,1 % соответственно, в то время как в варианте, где использовали Фунгилекс, Ж + Наноплант, биологическая эффективность составила 55,7–57,0 %, а в варианте с фунгицидом Догода, КЭ + Наноплант – 78,0–86,5 % относительно контроля.

При оценке хозяйственной эффективности биологических препаратов Фунгилекс, Ж и Вегетатин, Ж установлена достоверная прибавка урожая 39,3–64,7 ц/га, в вариантах с комбинацией Фунгилекс, Ж + Наноплант – 64,9–81,9 ц/га, Догода, КЭ + Наноплант – 125,1–138,7 ц/га (табл. 3).

Максимальный эффект был получен при использовании комбинации с микроудобрением: урожайность в варианте Фунгилекс, Ж + Наноплант в зависимости от года исследований варьировала от 688,4 до 716,5 ц/га, Догода, КЭ + Наноплант – от 731,6 до 790,3 ц/га против 606,5 и 651,6 ц/га в контроле.

Для оценки влияния защитных мероприятий в посевах моркови на лежкоспособность корнеплодов в период хранения и определения эффективности приемов оздоровления корнеплодов моркови от фитопатогенных микроорганизмов отобранные партии корнеплодов урожая 2019 и 2020 гг. были помещены в овощехранилище для проведения дальнейших исследований в осенне-зимние периоды 2019–2020 гг. и 2020–2021 гг.

Результаты фитопатологического анализа, проведенного в период осенне-зимнего хранения 2019–2020 гг. после 5 месяцев хранения корнеплодов

Таблица 2 – Влияние препаратов на пораженность моркови столовой бурой пятнистостью листьев перед уборкой корнеплодов (полевой опыт, РУП «Институт защиты растений»)

Вариант	Норма расхода, л/га	Развитие (R) и биологическая эффективность (БЭ) в годы исследований, %			
		2019 г.		2020 г.	
		R	БЭ	R	БЭ
Контроль	–	31,9	–	29,6	–
Фунгилекс, Ж	6,0	15,9	50,2	15,2	48,6
Вегетатин, Ж	6,0	10,8	66,1	13,5	54,3
Наноплант	0,1	23,6	26,0	19,8	33,1
Фунгилекс, Ж + Наноплант	6,0 + 0,1	13,7	57,0	13,1	55,7
Догода, КЭ + Наноплант	0,75 + 0,1	4,3	86,5	6,5	78,0

Таблица 3 – Хозяйственная эффективность применения препаратов на моркови столовой (полевой опыт, РУП «Институт защиты растений»)

Вариант	Норма расхода, л/га	Урожайность, ц/га		Сохраненный урожай, ц/га	
		2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Контроль	–	651,6	606,5	–	–
Фунгилекс, Ж	6,0	716,3	624,8	64,7	18,3
Веgetатин, Ж	6,0	710,7	645,8	59,1	39,3
Наноплант	0,1	692,8	652,3	41,2	45,8
Фунгилекс, Ж + Наноплант	6,0 + 0,1	716,5	688,4	64,9	81,9
Догода, КЭ + Наноплант	0,75 + 0,1	790,3	731,6	138,7	125,1
НСР ₀₅		50,1	36,5	–	–

моркови столовой, показали, что в вариантах с применением биологических препаратов Фунгилекс, Ж и Веgetатин, Ж распространенность болезней составила от 0,8 до 1,3 % – комплексом болезней и от 42,8 до 46,3 % – склеротиниозом (белой гнилью). По фитооздоровительному эффекту высокую результативность показали препараты в комбинации с микроудобрением: Фунгилекс, Ж + Наноплант, распространенность гнилей составляла: комплексом болезней – 0,8 %, белой гнилью – 42,1 %; в варианте Догода, КЭ + Наноплант была отмечена только белая гниль – 30,3 %, в то время как в контроле распространенность комплекса болезней достигала 3,3 %, белой гнили – 88,8 % (табл. 4).

Таким образом, биологическая эффективность находилась на уровне 60,0–100,0 % с выходом товарных корнеплодов от 52,9 до 69,7 %.

В условиях хранения 2020–2021 гг. наблюдали аналогичную предыдущему периоду закономерность динамики развития болезней на корнеплодах моркови столовой. По фитооздоровительному эффекту отмечены варианты Фунгилекс, Ж + Наноплант и Догода, КЭ + Наноплант, в которых распространенность болезней составляла 1,0 % – комплексом болезней, 5,0 % – белой гнилью и 0,3 и 0,3 % соответственно. На наш взгляд, комбинация фунгицида с микроудобрением, содержащим сбалансированный набор микроэлементов для овощных культур, способствовала не только увеличению урожая, но и повышению болезнеустойчивости растений, что оказало положительное влияние на лежкоспособность корнеплодов. При учете болезней моркови в партиях, где применяли биологические препараты, распространенность белой гнили находилась на уровне 7,5–8,0 %, комплекса болезней – 1,0–1,5 %. Биологическая эффективность препаратов в осенне-зимний период составила 75,2–99,8 % с выходом здоровых корнеплодов 90,5–99,4 %.

В мировой практике используют такой прием, как обработка корнеплодов моркови столовой перед закладкой на хранение биологическими препаратами. Он считается наиболее экологически безопасным в снижении вредоносности гнилей. Микроорганизмы в составе таких препаратов должны обладать высокой антибиотической активностью в отношении специализированных фитопатогенных микроорганизмов в условиях пониженных температур

Таблица 4 – Влияние препаратов, применяемых во время вегетации моркови столовой, на сохранность корнеплодов (хранилище РУП «Витебский зональный институт сельского хозяйства Национальной академии наук Беларуси»)

Вариант	Норма расхода, л/га	Вид гнили	Р, %	В, %	ПКРБ	БЭ, %
2019–2020 гг.						
Контроль	–	Белая	88,8	7,9	6 754,5	–
		Комплекс	3,3		271,5	–
Фунгилекс, Ж	6,0	Белая	46,3	52,9	2 698,5	60,0
		Комплекс	0,8		46,5	82,9
Веgetатин, Ж	6,0	Белая	42,8	55,9	2 433,0	64,0
		Комплекс	1,3		42,0	84,5
Наноплант	0,1	Белая	66,3	31,9	3 751,5	44,5
		Комплекс	1,8		96,0	64,6
Фунгилекс, Ж + Наноплант	6,0 + 0,1	Белая	42,1	57,1	2 614,5	61,3
		Комплекс	0,8		33,0	87,8
Догода, КЭ + Наноплант	0,75 + 0,1	Белая	30,3	69,7	970,5	85,6
		Комплекс	0,0		0,0	100,0
2020–2021 гг.						
Контроль	–	Белая	15,3	81,7	1 033,5	–
		Комплекс	3,0		77,7	–
Фунгилекс, Ж	6,0	Белая	8,0	90,5	256,7	75,2
		Комплекс	1,5		12,2	84,3
Веgetатин, Ж	6,0	Белая	7,5	91,5	201,2	80,5
		Комплекс	1,0		11,6	85,0
Наноплант	0,1	Белая	11,0	87,7	477,0	53,8
		Комплекс	1,3		17,4	77,6
Фунгилекс, Ж + Наноплант	6,0 + 0,1	Белая	5,0	94,0	59,7	94,2
		Комплекс	1,0		10,5	86,5
Догода, КЭ + Наноплант	0,75 + 0,1	Белая	0,3	99,4	1,8	99,8
		Комплекс	0,3		0,3	99,6

Примечание. Комплекс – комплекс гнилей (серая, черная, фузариозная); Р – распространенность; В – выход товарных корнеплодов; ПКРБ – площадь развития болезни под кривой; БЭ – биологическая эффективность.

(0 до 2 °С) – оптимальных для хранения корнеплодов моркови столовой. Имеются сведения, что применение перед закладкой на хранение биопрепарата Фитоспорин-М после 6 месяцев хранения способствовало повышению выхода товарной продукции на 19,5 % относительно контроля (с 74,5 до 89,0 %); уменьшению суммы потерь (естественной убыли, порчи, прорастания) с 25,5 до 11,0 %; сохранению содержания витамина С по сравнению с контролем на 29,0 % (с 3,1 до 4,0 мг%), каротина – с 10,4 до 11,0 мг%, полифенольных веществ – на 16,8 % (с 19,0 до 22,2 %, 27,0 % – до закладки на хранение), растворимых сухих веществ – с 8,1 до 8,4 %, сахаров общих – с 4,0 до 4,3 %, пектиновых веществ – с 0,24 до 0,28 % [3]. В связи с этим практический интерес представляет оценка эффективности отечественных биопрепаратов. Препараты применяли путем опрыскивания корнеплодов перед закладкой

на хранение с последующей просушкой. Установлено, что биологические препараты после 5 месяцев хранения сдерживали развитие белой гнили на уровне 61,8–88,8 %, комплекса болезней – на 57,9–100,0 % в период 2019–2020 гг., а в период 2020–2021 гг. белой гнили – на 50,9–77,8 %, комплекса болезней – на 87,5–100,0 %; выход товарных корнеплодов составил 56,5–96,5 %, в то время как в контроле данный показатель был на уровне 13,0–81,7 % (табл. 5).

Таблица 5 – Эффективность влияния биологических препаратов, применяемых перед закладкой на хранение, на выход товарных корнеплодов после 5 месяцев хранения (хранилище РУП «Институт защиты растений»)

Вариант	Действующее вещество	Норма расхода, л/т	Вид гнили	P, %	B, %	R, %	БЭ, %
2019–2020 гг.							
Контроль	–	–	Белая	84,0	13,0	78,6	–
			Комплекс	3,0		1,9	–
Веgetатин, Ж	<i>Bacillus mojavensis</i> + <i>Bacillus</i> spp.	0,06	Белая	32,5	66,5	26,5	66,3
			Комплекс	1,0		0,3	84,2
Бетапротек- тин, Ж	<i>Bacillus amylolique- facies</i> subps. <i>planta- rum</i> БИМ В-439 Д	0,5	Белая	20,0	79,0	13,5	82,8
			Комплекс	1,0		0,5	73,7
Фитоспорин, Ж	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм 26 Д	1,0	Белая	12,5	87,5	8,8	88,8
			Комплекс	0,0		0,0	100,0
Фунгилекс, Ж	<i>Trichoderma</i> sp. D-11	0,06	Белая	41,0	56,5	30,0	61,8
			Комплекс	2,5		0,8	57,9
2020–2021 гг.							
Контроль	–	–	Белая	15,3	81,7	10,8	–
			Комплекс	3,0		0,8	–
Веgetатин, Ж	<i>Bacillus mojavensis</i> + <i>Bacillus</i> spp.	0,06	Белая	7,5	92,5	5,3	50,9
			Комплекс	0,0		0,0	100,0
Бетапротек- тин, Ж	<i>Bacillus amylolique- facies</i> subps. <i>planta- rum</i> БИМ В-439 Д	0,5	Белая	3,5	96,5	2,4	77,8
			Комплекс	0,0		0,0	100,0
Фитоспорин, Ж	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм 26 Д	1,0	Белая	5,5	94,5	3,0	72,2
			Комплекс	0,0		0,0	100,0
Фунгилекс, Ж	<i>Trichoderma</i> sp. D-11	0,06	Белая	4,5	95,0	3,6	66,7
			Комплекс	0,5		0,1	87,5

Примечание. Комплекс – комплекс гнилей (серая, черная, фузариозная); Р – распространенность; В – выход товарных корнеплодов; R – развитие; БЭ – биологическая эффективность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что обработка посевов моркови столовой биологическими препаратами, фунгицидами и микроудобрением способствует снижению развития бурой пятнистости листьев в период вегетации на 48,6–86,5 %, сохранению урожайности от 39,3 до 138,7 ц/га, позволяет снизить через 5 месяцев хранения пораженность

корнеплодов гнилями на 60,0–100,0 % и получить выход товарных корнеплодов от 52,9 до 99,4 %.

Обработка корнеплодов перед закладкой на хранение биологическими препаратами ограничивает развитие болезней на 50,9–100,0 % с выходом товарных корнеплодов 56,5–96,5 %.

Список использованных источников

1. Баскова, Н. А. Влияние биопрепаратов на товарность и сохранность корнеплодов моркови, дайкона и редьки в условиях Саратовской области / Н. А. Баскова, Ю. К. Земскова // Вестн. Саратовского гос. ун-та им. Н. И. Вавилова. – 2013. – № 3. – С. 3–6.

2. Вахрушева, Т. Е. Методические указания по инвентаризации болезней и микрофлоры корнеплодов моркови в условиях хранения / Т. Е. Вахрушева, Э. А. Власова ; под ред. Э. А. Власовой. – Л., 1980. – 53 с.

3. Влияние биопрепарата Фитоспорин М, Ж на хранение и сохранность моркови // Pandia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/80/143/6093.php>. – Дата доступа: 29.07.2020.

4. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь : справ. изд. / А. В. Пискун [и др.]. – Минск : «Промкомплекс»: ООО «Земледелие и защита растений», Государственное учреждение «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений», 2020. – 742 с.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1975. – С. 263–281.

6. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – М. : Россельхозакадемия, ВНИИ овощеводства, 2011. – С. 300–304.

7. Методика полевого дела в овощеводстве и бахчеводстве / под ред. В. Ф. Белика. – М. : Агропромиздат, 1992. – 319 с.

8. Методические указания по проведению регистрационных испытаний биопрепаратов для защиты растений от вредителей и болезней / Ин-т защиты растений ; сост. Л. И. Прищепа, Н. И. Микульская, Д. В. Войтка. – Несвиж, 2008. – 60 с.

9. Методические указания по проведению регистрационных испытаний фунгицидов в сельском хозяйстве / Ин-т защиты растений ; под ред. С. Ф. Буга. – Несвиж, 2007. – 511 с.

10. Пухальский, А. В. Методические указания по проведению научно-исследовательских работ по хранению овощей / А. В. Пухальский. – М. : ВАСХНИЛ, 1982. – 34 с.

11. Сметанин, Л. Г. Влияние росторегулирующего препарата Циркон на пригодность моркови столовой к длительному хранению / Л. Г. Сметанин, К. Л. Алексеева, Н. Н. Малеванная // Актуальные проблемы защиты картофеля, плодовых и овощных культур от болезней, вредителей и сорняков : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. НАН Беларуси Н. А. Дорожкина, Самохваловичи, 10–12 авг. 2005 г. – Минск, 2005. – С. 183–188.

12. Снижение потерь столовых корнеплодов при хранении в зависимости от различных систем применения удобрений / В. А. Борисов [и др.] // Актуальные проблемы защиты картофеля, плодовых и овощных культур от болезней, вредителей и сорняков : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. НАН Беларуси Н. А. Дорожкина, Самохваловичи, 10–12 авг. 2005 г. – Минск, 2005. – С. 177–183.

13. Сравнительная эффективность обработок биологическими препаратами и электромагнитными полями крайне низких частот при хранении корнеплодов моркови / Т. В. Першакова [и др.] // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 7. – С. 157–162.

14. Increased resistance against storage rot in transgenic carrots expressing chitinase chit42 from *Trichoderma harzianum* / S. Ojaghian [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2018. – Т. 234. – С. 81–86.

15. Inhibitory effect of Fungastop and Bion against carrot soft rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* / S. Ojaghian [et al.] // Phytoparasitica. – 2020. – Т. 48. – № 1. – С. 95–106.

16. Metodyka integrowanej ochrony marchwi / Dr Zbigniew Anyszk [et al.]. – Skierniewice : Instytut Ogrodnictwa, 2013. – 62 с.

17. Santos, A. F. D. Pathogenicity of *Trichoderma* spp. on the sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* / A. F. D. Santos, O. D. Dhingra // Canadian J. of Botany. – 1982. – Т. 60. – № 4. – С. 472–475.

Поступила в редакцию 21 ноября 2022 г.

A. E. Stanchuk, D. V. Voytka

THE EFFECTIVENESS OF PLANT PROTECTION PRODUCTS AND MICRO-FERTILIZERS IN LIMITING THE HARMFULNESS OF THE CARROT ROOT CROPS DISEASES DURING LONG-TERM STORAGE

SUMMARY

The article presents the study results of the effect of biological preparations, fungicides and micro-fertilizers used during the growing season of the crop, contributing to the increase of the storability of root crops with biological efficacy against sclerotiniosis up to 99.8 %, from a complex of diseases – up to 100.0 %, with the yield of commercial carrot-roots up to 99.4 %, as well as biological preparations used by processing root crops before storing, where the biological efficiency index reached 88.8 % with respect to sclerotiniosis and 100.0 % – from a complex of diseases with the yield of commercial products up to 96.5 %.

Key words: garden carrot; diseases; prevalency; development; biological preparations; micro-fertilizers; fungicides; storage; yield of commercial carrot-roots; biological and economic efficiency.

М. Ф. Степура, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией технологических исследований
РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ И ДОЗ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ АРБУЗА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ

РЕЗЮМЕ

Представлены двухлетние результаты полевых опытов по изучению влияния доз микроудобрений при возделывании арбуза. Установлено, что наибольшее действие на повышение урожайности плодов арбуза на 5,7–6,0 т/га, или 16–17 % оказали дозы микроудобрений $\text{Cu } 15+15$ и $\text{Zn } 5+5$, применяемых на фоне дозы $\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{120}\text{Mg}_{10}$.

Ключевые слова: урожайность; качество; плод; арбуз; микроудобрения; фосфор; калий; гибрид.

ВВЕДЕНИЕ

Первоначальный дикий вид арбуза в настоящее время произрастает во всех сухих местностях северной и южной тропической части Африки. В южной Африке, где часто встречается дикий вид, культурный улучшенный вид арбуза вывели древние египтяне. В Египте до сих пор сохранилась первоначальная форма арбуза с шарообразными плодами величиной почти с кулак. Эту форму разводят главным образом нубийцы в Нубийской долине Нила и она носит там название Gjutma. Однако там этот арбуз не едят, а жарят его семена и употребляют в пищу, как семена подсолнуха. Данная разновидность, близкая к дикому арбузу, названа Швейнфуртом и, по-видимому, усиленно разводилась в древности, так как и семена, и листья его находят в гробницах. Крупный плод арбуза появляется в более позднюю эпоху (за 1 200 лет до нашей эры) [1].

В Германию арбуз завезен очень поздно и все еще мало популярен, если не считать венгерских арбузов на рынках Вены. Культура арбуза в наше время очень распространена на побережьях Средиземного моря, на Востоке, в России и Америке.

В России самые большие площади под арбузом сосредоточены в Поволжье, на Северном Кавказе, в Центрально-Черноземном районе. Северная граница промышленного бахчеводства проходит на уровне 45–50° с. ш. Для местного потребления арбузы выращивают на Урале, в Сибири, на Дальнем Востоке. Данную культуру стали выращивать и в защищенном грунте [2, 3].

Плоды арбуза – ценный диетический продукт, легко усваивается и быстро переваривается. Мякоть содержит 92,07 % воды, 0,76 – азотистых веществ, 0,6 – жира, 5,8 – сахара, 0,47 – клетчатки, 0,31 % золы, богата щелочными

солями, усвояемыми солями железа. В 100 г сырой мякоти находится каротина – 0,04 мг%, витаминов B_2 – 0,04, B_3 – 0,31, PP – 0,2 мг%.

Экологические условия территорий, с которыми связано происхождение арбуза, определили их высокую требовательность к свету и теплу [5, 6]. Поэтому данный вид широко распространен в районах, отличающихся большим приходом солнечной радиации и суммой активных температур (выше 10 °С) более 4 000 °С. Оптимальная влажность почвы для бахчевых в период «всходы – цветение» 65 % НВ, в период «цветение – первый сбор» 70 % НВ и во время плодоношения 75 % НВ. Обильное орошение повышает урожайность арбуза, но несколько снижает сахаристость плодов и обуславливает повышение содержания в них нитратов.

Все сорта данной культуры относятся к виду *Cytrullus lanatus* (Thunb.) Matsum et Nakai, к одной ботанической разновидности — арбуз обыкновенный, столовый (var. *vulgaris*).

Приоритетным направлением в овощеводстве открытого грунта является научно обоснованное применение видов и доз микроудобрений, позволяющих повысить урожайность плодов арбуза, улучшить их качество и плодородие дерново-подзолистых почв, особенно легкого механического состава.

Арбуз предъявляет повышенные требования к плодородию почв. Определяющим является воздухообеспеченность данных типов почв, поэтому главной задачей является подбор хорошо аэрированных почв с высоким содержанием органического вещества. Для этого предусматривается внесение органических удобрений и выращивание сидеральных культур на зеленое удобрение. Немаловажным средством улучшения потребления микроэлементов растениями арбуза является известкование. Его возможно проводить за 7–10 дней до высадки рассады в почву дозой доломитовой муки 4–8 т/га. Кроме того, эффективность вносимых микроудобрений можно повысить путем применения орошения [7].

Известно, что для питания растений арбуза потребляется значительное количество микроэлементов. Многие из них имеют особое значение для нормального роста и развития культуры. Путем внесения различных видов микроудобрений регулируются оптимальные уровни содержания элементов питания в почве. Ни один элемент питания не может быть заменен другим. Избыток, как и недостаток какого-либо микроэлемента питания, приводит к нарушению физиологических процессов у растений.

Наиболее пригодными для возделывания арбуза являются легкие и средние по механическому составу лессовидные супеси и суглинки, а также пески. Расположение участков – с южной, юго-западной или юго-восточной экспозицией. Оптимальные агрохимические показатели почвы: pH – 5,9–7,5, содержание гумуса – не менее 1,2 %, подвижного фосфора – 120–150 мг/кг почвы и подвижного калия – не менее 160 мг/кг почвы.

Лучшие предшественники – пласт многолетних трав, озимая рожь или пшеница, люцерна трехлетнего использования, средние по значимости – лук,

капуста, столовые корнеплоды, картофель, кукуруза на зеленый корм и силос, плохие – ячмень, тыквенные и пасленовые культуры. Для оздоровления фитосанитарного состояния почвы возвращать арбуз на прежнее место следует не ранее чем через 3–4 года.

Функции, которые выполняет медь в растениях, многообразны. Она принимает участие в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в клетках растений, входит в состав ферментов и медьсодержащих белков. Потребность в меди возрастает от применения высоких доз азотных удобрений [9].

Немаловажное значение для данной культуры имеет цинк, которому отводится исключительная роль в работе 30 ферментов, содержащихся в растении. Он обуславливает накопление сахара, а также уменьшает накопление редуцирующего сахара, органических кислот, небелковых растворимых соединений и амидаз.

При недостатке марганца в почвеннопоглощающем комплексе почвы в тканях растений арбуза повышается концентрация азота, фосфора и калия, тем самым нарушается их соотношение. Кроме того, нейтральная среда почвы способствует переходу элемента марганца в труднорастворимые формы. Поэтому для оптимизации данного элемента для растений арбуза требуется проведение дополнительных внекорневых подкормок. Среднее содержание марганца в растениях составляет 0,001 %. Он содержится в основном в вегетативной массе арбуза.

В настоящее время интенсивные сорта и гибриды арбуза должны обладать относительно высокой урожайностью, дружным плодообразованием, высокой однородностью растений и плодов с хорошими вкусовыми и технологическими качествами. Поэтому важную роль при выращивании арбуза играют внекорневые подкормки.

С целью оценки эффективности внекорневого применения микроудобрений, содержащих в своем составе медь, цинк и марганец, в посадках арбуза проведены специальные исследования на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в условиях Республики Беларусь.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на полях ГУ «Главное управление по обслуживанию дипломатического корпуса и официальных делегаций» в 2021–2022 гг. Агрохимическая характеристика опытного поля представлена в таблицах 1, 2.

В опытах применялась общепринятая агротехника для возделывания арбуза в центральной агроклиматической зоне Республики Беларусь. В исследованиях использовали гибрид арбуза Романза F₁. Это гибрид среднего раннего срока созревания: 62–64 дня от рассады, 76 дней от посева. Средний вес 9–12 кг, круглой формы с очень маленькими семенами. Урожайность – 80–90 т/га. Очень высокая завязываемость и продуктивность – до 3-х сборов урожая с растения. Обладает комплексной устойчивостью к фузариозу и антракнозу. Растение мощное, с плетями средней длины. Мякоть красная, хрустящая, высокого качества, с высоким содержанием сахаров.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика полей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, занятых арбузом

Год	рН _{KCl}	Гумус, %	Содержание подвижных форм элементов питания, мг/кг почвы	
			P ₂ O ₅	K ₂ O
2021	6,2	2,2	278	347
2022	6,1	2,3	292	366

Таблица 2 – Нормы внесения извести под арбуз

Почва	Оптимальное значение рН	Норма извести при кислотности почвы (рН _{KCl})			
		Менее 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0
Легкосуглинистая	6,5	8–12	6–8	4–6	3–5
Супесчаная и песчаная	6,0	5–6	4–5	3–4	1–3

Высокие показатели по хранению в поле и в буртах. Предназначен для длительного хранения. Отличный внешний вид и высокие вкусовые качества, очень высокая урожайность. Рекомендуются для получения ранней продукции в южных и центральных областях Республики Беларусь.

Опыты закладывали в 4-кратной повторности, расположение делянок – рендомизированное. Микроудобрения вносили согласно фазам роста и развития растений арбуза.

Первую подкормку осуществляли при массовом нарастании вегетативного аппарата, вторую – в фазу начала плодообразования. Норма расхода рабочей жидкости – 300 л/га. При количественно-весовых учетах урожайности плодов арбуза брали учетные делянки 14 м² в соответствии с методическими указаниями.

Наблюдения и учеты проводили согласно «Методике полевого опыта» Б. А. Доспехова [4] и «Методике полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве» В. Ф. Белика [8]. Полученные в результате проведения исследований данные подвержены статистической обработке дисперсионным методом по Б. А. Доспехову с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшая урожайность плодов арбуза 41,9–42,2 т/га получена при внесении Cu 15+15 и Zn 5+5 на фоне дозы минеральных удобрений N₈₀P₆₀K₁₂₀Mg₁₀. Прибавка составила 5,7–6,0 т/га, или 16–17 %. При увеличении дозы цинка в 2–3 раза урожайность плодов арбуза снизилась на 2,8–3,6 т/га по сравнению с урожайностью 42,2 т/га, прибавка по данной дозе Mn 5+5 составила 2,0 т/га. На таком же уровне получена урожайность плодов арбуза 41,4 т/га при внесении дозы Cu 10+10 на фоне N₈₀P₆₀K₁₂₀Mg₁₀ (табл. 3).

Определенное влияние оказали микроудобрения на биохимический состав плодов арбуза. Наибольшее влияние на повышение в плодах арбуза сухого

Таблица 3 – Влияние видов и доз микроэлементов на урожайность арбуза, среднее за 2021 и 2022 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	%
$N_{80}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ – фон (контроль)	36,2	–	–
Фон + Cu 5+5	39,8	3,6	10
Фон + Cu 10+10	41,4	5,2	14
Фон + Cu 15+15	41,9	5,7	16
Фон + Zn 5+5	42,2	6,0	17
Фон + Zn 10+10	38,6	2,4	7
Фон + Zn 15+15	39,4	3,2	9
Фон + Mn 5+5	39,2	3,0	8
Фон + Mn 10+10	40,4	4,2	12
Фон + Mn 15+15	41,2	5,0	13
HCP_{05}	0,46		

вещества, суммы сахаров и снижение содержания нитратов оказали дозы цинковых удобрений Zn 5+5, Zn 10+10 и Zn 15+15 на фоне их внесения по дозе $N_{80}P_{60}K_{120}Mg_{10}$. Содержание сухого вещества и суммы сахаров возросло на 0,2–0,4 %, а содержание нитратов в плодах арбуза снизилось на 2–3 мг/кг сырой массы. При внесении медьсодержащих удобрений содержание сухого вещества и суммы сахаров увеличилось на 0,1–0,2 %, также повышение сухого вещества и суммы сахаров отмечено при внесении Mn 5+5, Mn 10+10 и Mn 15+15 на фоне дозы $N_{80}P_{60}K_{120}Mg_{10}$. По всем вариантам опыта содержание нитратов находилось на уровне 13–16 мг/кг сырой массы, что в 4,6 раза меньше предельно допустимых концентраций нитратов (60 мг/кг сырой массы) (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние видов и доз микроэлементов на биохимический состав плодов арбуза, среднее за 2021 и 2022 гг.

Вариант	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Нитраты, мг/кг сырой массы
$N_{80}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ – фон (контроль)	8,8	8,2	16
Фон + Cu 5+5	8,9	8,4	17
Фон + Cu 10+10	8,9	8,3	14
Фон + Cu 15+15	8,8	8,4	15
Фон + Zn 5+5	9,1	8,4	14
Фон + Zn 10+10	9,2	8,6	13
Фон + Zn 15+15	9,1	8,5	14
Фон + Mn 5+5	8,9	8,4	15
Фон + Mn 10+10	9,1	8,4	16
Фон + Mn 15+15	9,0	8,3	14
HCP_{05}	0,24	0,28	0,36

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о достаточно высокой эффективности микроудобрений в посадках арбуза, что позволяет

рекомендовать двухкратное внекорневое применение данных видов удобрений для повышения урожайности плодов арбуза и улучшения их качества.

Список использованных источников

1. Авдонин, Н. С. Научные основы применения удобрений / Н. С. Авдонин. – М. : Колос, 1972. – 320 с.
2. Антонюк, Н. П. Влияние предшественников на плодородие почвы, рост, развитие и урожайность плодов столового арбуза / Н. П. Антонюк // Бахчеводство на Украине. – Киев : Аграр. наука, 1994. – С. 81–84.
3. Вендило, Г. Г. Влияние удобрений на качество некоторых овощей / Г. Г. Вендило // Действие удобрений на урожай и его качество. – М. : Колос, 1965. – С. 243–249.
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студ. высших с.-х. учеб. завед. по агроном. спец. / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Магницкий, К. П. Магниево-удобрения / К. П. Магницкий. – М. : Колос, 1967. – 200 с.
6. Мазаева, М. М. Потребность сельскохозяйственных культур в магнии и эффективность магнийсодержащих удобрений / М. М. Мазаева, В. А. Паниткин // Плодородие почв Нечерноземной зоны и приемы его регулирования. – Пущино, 1975. – С. 110–118.
7. Марков, В. М. Овощеводство / В. М. Марков, М. К. Хаев. – М. : Сельхозгиз, 1945. – 544 с.
8. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве / Науч.-исслед. ин-т овощного хоз-ва МСХ РСФСР, Укр. науч.-исслед. ин-т овощеводства и бахчеводства ; под ред. В. Ф. Белика, Г. Л. Бондаренко. – М., 1979. – 210 с.
9. Научные основы технологии возделывания арбуза / М. Ф. Степура [и др.]. – Минск, 2016. – 176 с.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

M. F. Stepuro

THE EFFECT OF TYPES AND DOSES OF MICRO-FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF WATERMELON FRUITS ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAM SOIL

SUMMARY

The two-year results of field experiments on the influence of doses of micro-fertilizers in the cultivation of watermelon are presented. It has been established that the doses of Cu 15+15 and Zn 5+5 micro-fertilizers used with $N_{80}P_{60}K_{120}Mg_{10}$ dose had the greatest effect on increasing the yield of watermelon fruits by 5.7–6.0 dt/ha or 16–17 %.

Key words: yield; quality; fruit; watermelon; micro-fertilizers; phosphorus; potassium; hybrid.

М. Ф. Степура, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией технологических исследований

Т. В. Матюк, старший научный сотрудник

П. В. Пась, научный сотрудник

РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ТОВАРНОСТЬ КОЧАНОВ КАПУСТЫ

РЕЗЮМЕ

В результате проведенных опытов выявлено, что в условиях Республики Беларусь высокую урожайность и товарность кочанов капусты получили при основном внесении в почву комплексных органоминеральных гранулированных удобрений.

Ключевые слова: капуста; комплексные удобрения; урожайность; товарность; морфометрические показатели; гибрид.

ВВЕДЕНИЕ

Овощные культуры различаются между собой отношением к почвенному плодородию, реакции среды, концентрации минеральных солей, количеству, форме и скорости поступления элементов питания. Кроме того, особенности минерального питания этих культур обусловлены генетической природой растений, различными в строении корневой системы, ее способности усваивать слаборастворимые вещества, скоростью нарастания вегетативной массы и репродуктивных органов [1, 2].

Использование в сельскохозяйственном производстве традиционных форм и видов минеральных удобрений во всех почвенно-климатических зонах страны, особенно на почвах легкого механического состава, сопряжено с большими непроизводительными потерями элементов питания растений от вымывания их за пределы корнеобитаемого слоя почвы, снижением коэффициента их использования, загрязнением почв и водоприемников химическими веществами и другими негативными проявлениями.

Кроме того, учитывается удорожание минеральных удобрений и концентрация навоза в зонах крупных животноводческих комплексов; весьма актуальным становится производство и применение органоминеральных удобрений пролонгированного действия, содержащих 30–50 % органического вещества в активизированной форме и до 70 % минеральных удобрений. Элементы минерального питания связаны в них органическим веществом и защищены от вымывания из корнеобитаемого слоя атмосферными осадками. Такие удобрения обеспечивают полноценное питание растений непрерывно в течение всего вегетационного периода, особенно при орошении.

Наиболее апробированы два основных способа применения комплексных органоминеральных гранулированных удобрений – поверхностно-разбросной для культур сплошного сева (озимые и яровые зерновые культуры, однолетние и многолетние травы) и локальный в рядки для культур строчного сева (картофель, свекла, кукуруза и др.) либо локальный в лунки при посадке рассады (томаты, кабачки, капуста, перец, свекла и др.), а также в ямки при посадке молодых растений плодово-ягодных и декоративных культур. Применение комплексных органоминеральных гранулированных удобрений локально в рядки при посеве обусловлено их преимуществом в сравнении со стандартными формами удобрений и способностью не создавать избыточных концентраций солей в почвенном растворе и корневой зоне растения [5].

Для подкормки вегетирующих растений целесообразно применять водный настой комплексных органоминеральных гранулированных удобрений путем полива под корень растения, что особенно эффективно при возделывании овощных культур.

Белокочанная капуста имеет мощную корневую систему, достигающую в ширину 120–150 см и в глубину 180–200 см, поэтому для формирования высокой урожайности она может потреблять элементы питания из низлежащих слоев почвы. Поздний сорт капусты отличается длительным усиленным поглощением минеральных элементов, особенно азота, фосфора и калия. Потребность капусты в питательных веществах является основным ориентиром для подбора комплексных удобрений, содержащих данные элементы. Известно, что истинная потребность капусты в удобрениях будет зависеть от уровня планируемой урожайности и степени обеспеченности почв питательными элементами. Комплексные органоминеральные гранулированные удобрения пролонгированного действия способны обеспечить питательными веществами растения капусты в течение вегетационного периода и позволяют получить запланированную урожайность [4, 7].

Значимость наших исследований заключается в том, что впервые в условиях Республики Беларусь разработаны оптимальные дозы комплексных органоминеральных гранулированных удобрений для основной заправки почвы при выращивании овощных культур, позволяющие повысить урожайность и качество продукции [8].

Исследования по разработке доз данных удобрений при возделывании капусты на дерново-подзолистых почвах легкого механического состава в республике почти не проводились.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в полевых опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в РУП «Институт овощеводства», расположенном в аг. Самохваловичи Минского района, в 2018–2019 гг. Агрохимическая характеристика опытного поля представлена в таблице 1.

В опытах применялась общепринятая агротехника для возделывания капусты белокочанной в центральной агроклиматической зоне Республики Беларусь.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика полей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, занятых капустой

Год	pH _{KCl}	Гумус, %	Содержание подвижных форм элементов питания, мг/кг почвы	
			P ₂ O ₅	K ₂ O
2021	6,0	2,4	226	283
2022	6,2	2,6	248	297

Объектом исследований служила капуста белокочанная Аватар F₁, высокоурожайный гибрид позднего срока созревания. Вкусовые качества высокие, кочаны округлые, плотные, массой 3,0–3,5 кг, внутренняя кочерыга короткая. Устойчив к основным болезням и вредителям, а также к растрескиванию кочана. Предназначен для квашения, домашней кулинарии и зимнего хранения (до мая). Период вегетации от массовых всходов до технической спелости – 165–170 дней. Агротехника: посев – в начале-середине апреля в открытые гряды или под временные пленочные укрытия. Выборка рассады и посадка 20–30 мая. Уход: полив, подкормка, рыхление почвы, защита от вредителей и сорняков. Уборка до наступления заморозков.

Комплексное гранулированное органоминеральное удобрение содержит не менее 9,0 % азота, не менее 9,0 % фосфора (P₂O₅) и не менее 13,5 % калия (K₂O), влаги – не более 10–12 %.

Для получения высококачественной рассады использован состав субстрата в зависимости от биологических особенностей изучаемой культуры (табл. 2).

Удобрения вносили перед высадкой культуры в основную заправку. Уход за посевами и посадками проводится согласно принятым технологиям в зависимости от биологических особенностей возделываемых овощных культур.

Опыты закладывали в 4-кратной повторности, расположение делянок – рендомизированное. Площадь опытной делянки 2,8 м², учетной – 22,4 м².

Наблюдения и учеты проводили согласно «Методике полевого опыта» Б. А. Доспехова [3] и «Методике полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве» В. Ф. Белика [6]. Полученные в результате проведения исследований

Таблица 2 – Количество удобрений, вносимых в субстрат, состоящий из верхового торфа для выращивания рассады, кг/м³

Удобрения	Физическое вещество	Действующее вещество
Аммиачная селитра	0,9–1,1	0,310–0,380
Суперфосфат	1,1–1,2	0,380–0,420
Калий сернокислый	0,7–0,9	0,360–0,470
Магний сернокислый	0,5–0,6	0,050–0,060
Мел	5,5–6,0	–
Доломитовая мука	5,1–5,5	–

Примечание. В основную заправку вносятся микроэлементы в дозах: железо в хелатной форме – 0,006 кг/м³; марганец в хелатной форме – 0,006; медь сернокислая, цинк сернокислый, борная кислота – по 0,004; йодистый калий, аммоний молибденовокислый – по 0,002 кг/м³.

данные подвержены статистической обработке дисперсионным методом по Б. А. Доспехову с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в качестве основного внесения удобрений под капусту можно использовать новое комплексное органоминеральное удобрение пролонгированного действия, которое оказывало положительное влияние на изменение морфометрических параметров растений капусты.

Установлено, что внесение данного вида удобрений в количестве 1 000–1 100 кг/га в основную заправку почвы перед посадкой рассады капусты белокочанной увеличило высоту растения на 4,3–4,9 см, ширину розетки – 3,8–4,2 см, массу кочана – 0,2–0,3 кг и количество листьев на 4 шт. по сравнению с высотой 38,3 см, шириной розетки 64,4 см, массой кочана 1,6 кг и количеством листьев 12 шт. по дозе простых минеральных удобрений.

Наименьшие морфометрические показатели растений капусты получены по низкой дозе внесения (600 кг/га) комплексного гранулированного органоминерального удобрения (табл. 3).

Главным критерием применения нового комплексного гранулированного органоминерального удобрения пролонгированного действия, характеризующим значимость для выращивания белокочанной капусты, является величина продуктивности данной культуры.

Внесение комплексного гранулированного органоминерального удобрения в дозах 1 000–1 100 кг/га показало, что урожайность кочанов белокочанной капусты возросла на 18,4–20,0 т/га, или на 33–36 % по сравнению с урожайностью 56,2 т/га, полученной по дозе $N_{60}P_{90}K_{120}$ простых минеральных удобрений. При увеличении дозы от 1 100 до 1 200 кг/га урожайность кочанов капусты повышалась только на 1,6 т/га, или на 2 %.

Таблица 3 – Влияние доз комплексного гранулированного органоминерального удобрения на изменение морфометрических показателей капусты, среднее за 2018–2019 гг.

Количество в физическом весе комплексного гранулированного органоминерального удобрения, кг	Высота растения, см	Количество листьев, шт.	Ширина розетки, см	Масса кочана, кг
Доза простых минеральных удобрений (контроль)	38,3	12	64,4	1,6
600	37,6	12	63,9	1,5
700	39,4	14	65,3	1,7
800	39,9	14	66,1	1,6
900	41,4	15	67,8	1,8
1 000	42,6	16	68,2	1,9
1 100	43,2	16	68,6	1,8
1 200	42,8	17	68,9	1,9

Невысокие дозы комплексных гранулированных органоминеральных удобрений (700–800 кг/га) обеспечили урожайность кочанов капусты 57,8–61,7 т/га. Прибавка составила 1,6–5,5 т/га, или 3–10 % (табл. 4).

Комплексные гранулированные органоминеральные удобрения пролонгированного действия обеспечивают растения капусты элементами питания на протяжении всего периода кочанообразования и формирования биохимических показателей.

Дозы минеральных простых удобрений приводят к снижению содержания сухого вещества, суммы сахаров и витамина С. Внесение комплексных гранулированных органоминеральных удобрений в малых дозах (600–700 кг/га) незначительно повышают эти показатели в кочанах капусты. Заметно увеличивается их содержание в кочанах при внесении новых комплексных гранулированных органоминеральных удобрений в дозах 1 000–1 100 кг/га. Содержание сухого вещества и суммы сахаров повысилось в кочанах на 0,2–0,5 %, а содержание нитратов снизилось на 53–59 мг/кг сырой массы (табл. 5).

Таблица 4 – Влияние доз комплексного гранулированного органоминерального удобрения на урожайность кочанов белокочанной капусты, среднее за 2018–2019 гг.

Количество в физическом весе комплексного гранулированного органоминерального удобрения, кг	Содержание элементов питания, кг			Урожайность, т/га	Прибавка	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		т/га	%
Доза простых минеральных удобрений (контроль)	90	90	120	56,2	–	–
600	54	54	81	52,4	–	–
700	63	63	95	57,8	1,6	3
800	72	72	108	61,7	5,5	10
900	81	81	122	68,8	12,6	22
1 000	90	90	135	74,6	18,4	33
1 100	99	99	148	76,2	20,0	36
1 200	108	108	162	77,8	21,6	38
НСР ₀₅				0,64		

Таблица 5 – Влияние доз комплексного гранулированного удобрения на биохимический состав кочанов белокочанной капусты, среднее за 2018–2019 гг.

Количество в физическом весе комплексного гранулированного органоминерального удобрения, кг	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Витамин С, мг%	Нитраты, мг/кг
Доза простых минеральных удобрений (контроль)	8,2	4,1	38,8	180
600	8,0	4,2	39,6	122
700	8,3	4,2	40,2	128
800	8,5	4,3	42,3	118
900	8,6	4,3	42,8	114
1 000	8,7	4,5	43,4	121
1 100	8,4	4,3	42,8	127
1 200	8,4	4,2	42,9	132
НСР ₀₅	0,28	0,22	0,48	0,56

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований в полевых опытах установлена высокая эффективность влияния комплексных гранулированных органоминеральных удобрений пролонгированного действия при выращивании капусты белокочанной на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах.

Выявлено, что внесение доз 1 000–1 100 кг/га данных удобрений способствовало получению урожайности кочанов белокочанной капусты на уровне 74,6–7,62 т/га, прибавка составила 18,4–20,0 т/га, или 33–36 %.

Кроме того, они способствовали повышению содержания сухого вещества и суммы сахаров в кочанах капусты на 0,2–0,5 %.

Отмечено, что содержание нитратов в кочанах капусты благодаря внесению комплексных гранулированных удобрений снизилось на 48–66 мг/кг сырой массы.

Список использованных источников

1. Агрохимия : учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Ураджай, 2001. – 480 с.
2. Анисимов, М. И. Влияние различных доз минеральных удобрений в сочетании с орошением на величину и качество урожая поздней белокочанной капусты / М. И. Анисимов, М. П. Чмелев, З. В. Чмелева // Науч. тр. Сев.-Зап. НИИ сел. хоз-ва. – 1973. – Вып. 26. – С. 120–128.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студ. высших с.-х. учеб. завед. по агроном. спец. / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Журбицкий, З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З. И. Журбицкий. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 294 с.
5. Комплексные удобрения в овощеводстве / В. А. Борисов [и др.] / Сб. науч. тр. Овощеводство. Состояние. Проблемы. Перспективы. – М., 2001. – С. 289–295.
6. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве / Науч.-исслед. ин-т овощного хоз-ва МСХ РСФСР, Укр. науч.-исслед. ин-т овощеводства и бахчеводства ; под ред. В. Ф. Белика, Г. Л. Бондаренко. – М., 1979. – 210 с.
7. Переднев, В. П. Удобрение овощных культур / В. П. Переднев. – Минск : Ураджай, 1987. – 144 с.
8. Прянишников, Д. Н. Избранные сочинения : в 3 т. / Д. Н. Прянишников ; сост. П. Г. Найдин. – М. : Колос, 1965. – 767 с.
9. Степура, М. Ф. Удобрение овощных культур / М. Ф. Степура. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 193 с.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

M. F. Stepuro, T. V. Matyuk, P. V. Pas

**THE EFFECT OF COMPLEX ORGANIC MINERAL GRANULAR
FERTILIZERS ON YIELD AND MARKETABILITY
OF CABBAGE HEADS**

SUMMARY

As a result of the experiments, it was revealed that in the conditions of the Republic of Belarus, a high yield and marketability of cabbage heads was obtained with the basal application of complex organic mineral granular fertilizers into the soil.

Key words: cabbage; complex fertilizers; productivity; marketability; morphometric parameters; hybrid.

М. Ф. Степура¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий лабораторией технологических исследований

А. В. Михнюк¹, соискатель

В. И. Меньков², студент

¹РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

ВЛИЯНИЕ СУБСТРАТОВ ПРИ КОНТЕЙНЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ ТОМАТА В ТЕПЛИЦАХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ПОСТРАДАВШИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

РЕЗЮМЕ

Представлены двухлетние исследования выращивания гибрида томата на территории, пострадавшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, при контейнерной технологии с использованием субстратов для набивки цилиндров без дна объемом 7 л, обеспечивающих увеличение урожайности и улучшение качества плодов путем снижения нитратов и тяжелых металлов.

Ключевые слова: томат; субстрат; лузга гречихи; костра льна; перлит; керамзит; биогумус; гибрид; цилиндр; удобрения; полив; пластик; теплица.

ВВЕДЕНИЕ

В основных положениях проекта Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы есть раздел «Современная экосистема инноваций». Задача на предстоящее пятилетие – достичь уровня инновационного развития стран – лидеров Восточной Европы. Предусматривается реализовать более 70 проектов в этой сфере, в том числе в АПК, повысить наукоемкость ВВП до уровня не менее 1 %. На 74-й сессии Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций МГФО-2021 было объявлено о начале Международного года овощей и фруктов – 2021 г. и отмечалось, что пандемия COVID-19 заставила человечество искать новые пути в борьбе с голодом и неполноценным питанием и определить новый баланс между производством и потреблением продовольствия, а также оказывать содействие в расширении доступа к здоровому питанию, укрепляющему иммунную систему человека [1, 2].

Решение данной задачи возможно лишь на основе расширения периода поступления овощей и полного перевода отрасли защищенного грунта, то есть необогреваемых теплиц, на контейнерные технологии выращивания

теплолюбивых культур. Выращивание овощных культур по этим технологиям способствует росту урожайности в 1,5–1,7 раза, экономии трудозатрат чел.-дней/га, снижению расхода воды и удобрений на 20–30 % и уменьшению в 5–6 раз расхода субстрата на растение [5].

Установлено, что механический перевод необогреваемых теплиц на контейнерные технологии выращивания овощных культур, включающие использование минеральной ваты, экономически не оправдан по причине короткого вегетационного периода (5–6 месяцев). Возникла необходимость разработать белорусскую технологию выращивания томата с применением отечественных компонентов слагаемых субстрата, что в настоящее время является весьма актуальным. При составлении органических субстратов следует обращать внимание на его агрофизические свойства. Субстрат должен обладать хорошей аэрацией для обеспечения корневой системы томата достаточным количеством кислорода и углекислого газа и в то же время характеризоваться высокой влагоемкостью и емкостью поглощения ионов.

Целью исследований является оценка органического субстрата при возделывании томата на территории, пострадавшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, при контейнерной технологии в необогреваемых теплицах [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные методы исследований – полевые опыты и лабораторные анализы. Экспериментальная работа проводилась в Лоевском районе Гомельской области в ангарной пленочной теплице на площади 300 м² в 2021 и 2022 гг.

При закладке опытов использовали сосуды цилиндрической формы без дна с объемом 7 л с последующим их размещением по поверхности почвы. Цилиндры изготавливали из пластика толщиной 0,1 мм.

Объектом исследований являлся гибрид томата Тойво. Томат Тойво F₁ – высокоурожайный индетерминантный гибрид красного томата для остекленных и пленочных теплиц. Вегетативно-генеративный период роста сбалансирован, рекомендованное количество остаточных кистей от 5 до 7 шт. Обладает стойким иммунитетом к фузариозному увяданию и вирусу мозаики. Плоды средние, правильной формы, насыщенно красного цвета со средней массой 170–190 г.

В исследованиях использовали органические и синтетические компоненты: перлит и керамзит, лузгу гречихи, костру льна, опилки в количестве 20 % от объема субстрата, биогумус в количестве 10 % от объема субстрата в необогреваемых теплицах.

Лузга гречихи – это очищенные по особой технологии оболочки гречишных зерен, обработанные паром и впоследствии высушенные. Состав витаминов в лузге также весьма богат. Зола лузги гречихи содержит массовую долю %: SiO₂ – 16,12, Al₂O₃ – 1,22, Fe₂O₃ – 1,3, TiO₂ – следы, CaO – 50,04, MgO – 3,1, SO₃ – 3,62, Na₂O – 3,91, K₂O – 19,71, MnO – 0,5.

Костра льна – одревесневшие части стеблей льна, получаемые при трепании. Костра составляет 65–70 % массы стебля и в основном состоит из

целлюлозы – 45–58 %, лигнина – 21–29, гемицеллюлозы – 9,1, экстрактивных веществ – 9,9, пектиновых веществ – 2,0, золы – 1,5 %. По своему химическому составу она близка к дровам [8].

Биогумус – органическое удобрение, продукт переработки органических отходов сельского хозяйства дождевыми червями (чаще всего *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus*) и с участием других почвенных организмов (грибы, бактерии, актиномицеты, насекомые, членистоногие и т. д.). Биогумус улучшает структуру почвы и ее водно-физические свойства. Химический состав биогумуса: гумус – 25–35 %, азот – 1,5–3,0, фосфор – 1,8–4,0, калий – 1,5–3,0, кальций – 1,5–3,0, магний – 0,6–1,5, железо – 0,6–1,3, медь – 0,03–0,04, марганец – 0,06–0,09, цинк – 0,08–0,09 %.

Перлит – это алюмосиликатный материал, состоящий из белых высокопористых гранулированных агрегатов с низкой плотностью, объемная масса которых колеблется от 96 до 128 кг/м³, что в 3–4 раза легче воды. Химический состав представлен в основном соединениями SiO₂ – 55–80 %, Al₂O₃ – 12–16 %.

Керамзит – это гранулы вспененной глины, объемная масса которых варьирует в пределах от 550 до 650 кг/м³. Химический состав керамзита следующий: SiO₂ – 70,2, Al₂O₃ – 16, Fe₂O₃ – 3,8, K₂O – 3,7, CaO – 1,5, MgO – 1,5, TiO₂ – 0,6, FeO – 0,3, Na₂O₃ – 0,3, SO₄ – 0,08, MnO – 0,01 % [6].

Исходя из состава субстрата, для создания в субстрате оптимального содержания питательных элементов вносят следующее количество минеральных удобрений и известковых материалов, кг/м³ верхового торфа: аммиачной селитры – 0,7, аммофоса – 0,9, калия сернокислого – 0,6, магния сернокислого – 0,4, мела – 5,5, доломитовой муки – 5,1. Кроме внесения макроудобрений вносят микроудобрения: медь сернокислая – 6 г/м³, цинк сернокислый – 4, марганец сернокислый – 6, железо сернокислое – 6, борная кислота – 4, аммоний молибденовокислый – 3, кобальт азотнокислый – 3, калий йодистый – 2 г/м³.

Опыты заложены в 4-кратной повторности, площадь опытной делянки 6,5 м², учетной – 5,6 м². Наблюдения и учеты проводили согласно «Методике полевого опыта» Б. А. Доспехова [3] и «Методике полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве» В. Ф. Белика [4]. Полученные в результате проведения исследований данные подвержены статистической обработке дисперсионным методом по Б. А. Доспехову с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований свидетельствуют о том, что используемые составы субстратов, включающие костру льна, керамзит и биогумус, были значительно лучше по сравнению с субстратом, состоящим из чистого верхового торфа 100 % и верхового торфа 80 % + 20 % лузги гречихи и перлита. Средняя урожайность плодов томата по лучшим вариантам повысилась на 1,8–2,4 кг/м² по сравнению с урожайностью 9,1–9,7 кг/м² по вариантам: чистый верховой торф 100 % и верховой торф 80 % + 20 % лузга гречихи и перлит. Использование контейнерной технологии при выращивании томата в цилиндрах

повысило урожайность на 2,4 кг/м², или 35 %. Наибольшая урожайность 11,5 кг/м² по варианту: верховой торф 90 % + 10 % биогумус (табл. 1).

При выращивании томата при контейнерной технологии в теплицах на территории, пострадавшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, с одновременной подачей воды индивидуально к каждому растению получены высокие биохимические показатели плодов. Из анализа результатов видно, что наименьшая кислотность плодов – 0,58–0,60 %, наибольшее содержание сухого вещества – 6,2–6,4 %, суммы сахаров – 4,4–4,5 % и аскорбиновой кислоты – 22,9–23,2 мг% соответствуют вариантам: верховой торф 80 % + 20 % костра льна и верховой торф 90 % + 10 % биогумус. Наибольшая кислотность плодов томата 0,62–0,63 % отмечена по вариантам: почвогрунт, верховой торф 100 % и верховой торф 80 % + 20 % лузга гречихи. Наименьшее содержание сухого вещества 5,3–6,0 % и аскорбиновой кислоты 21,8–22,4 мг% установлено по вариантам: почвогрунт, верховой торф 100 % и верховой торф 80 % + 20 % керамзит. При внесении 20 % перлита вместо 20 % лузги гречихи в состав верхового торфа 80 % кислотность плодов снизилась на 0,02 % и повысилось содержание суммы сахаров на 0,2 % (табл. 2).

Наибольшее содержание нитратов 48 мг/кг сырой массы отмечено при выращивании томата с использованием верхового торфа 100 %, а при внесении 10 % биогумуса и 90 % верхового торфа содержание нитратов снижалось до 35 мг/кг сырой массы (рис.).

Содержание тяжелых металлов в выращенной продукции имеет большое значение, так как от этого зависит здоровье человека.

В плодах томата по субстратам верховой торф 80 % + 20 % перлит и верховой торф 80 % + 20 % керамзит содержание кадмия составляло 0,001 и 0,002 мг/кг сухого вещества, что в 150–300 раз ниже предельно допустимого количества (ПДК). Свинец в плодах томата обнаружен в незначительных количествах в вариантах: контроль (почвогрунт) – 0,04, верховой торф 80 % + 20 % костра льна – 0,02 мг/кг сухого вещества, что в 12–25 раз ниже ПДК.

Таблица 1 – Влияние видов субстрата при контейнерной технологии на территории, пострадавшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, на урожайность плодов томата в теплицах, среднее за 2021 и 2022 гг.

Вариант	Урожайность, кг/м ²	Прибавка			
		к контролю		к верховому торфу 100 %	
		кг/м ²	%	кг/м ²	%
Почвогрунт (контроль)	6,9	–	–	–	–
Верховой торф 100 %	9,3	2,4	35	–	–
Верховой торф 80 % + 20 % лузга гречихи	9,1	2,2	32	–	–
Верховой торф 80 % + 20 % перлит	9,7	2,8	41	0,4	4
Верховой торф 80 % + 20 % костра льна	10,3	3,4	49	1,0	11
Верховой торф 90 % + 10 % биогумус	11,5	4,6	67	2,2	24
Верховой торф 80 % + 20 % керамзит	10,2	3,3	48	0,9	10
НСР ₀₅	0,48				

Таблица 2 – Влияние видов субстрата при контейнерной технологии на территории, пострадавшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, на биохимический состав плодов томата в теплицах, среднее за 2021 и 2022 гг.

Вариант	Кислотность, %	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг%
Почвогрунт (контроль)	0,63	5,9	4,1	21,8
Верховой торф 100 %	0,62	6,1	4,3	22,3
Верховой торф 80 % + 20 % лузга гречихи	0,63	6,2	4,1	22,7
Верховой торф 80 % + 20 % перлит	0,61	6,0	4,3	22,4
Верховой торф 80 % + 20 % костра льна	0,60	6,2	4,4	22,5
Верховой торф 90 % + 10 % биогумус	0,58	6,4	4,5	23,2
Верховой торф 80 % + 20 % керамзит	0,61	6,0	4,3	22,4
НСР ₀₅	0,18	0,28	0,22	0,36

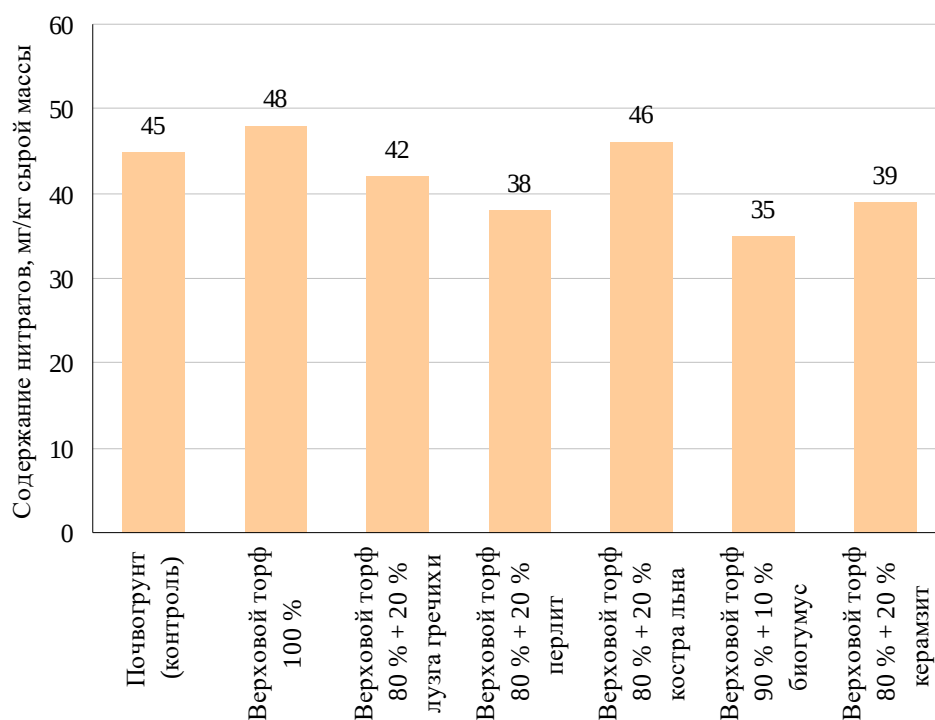


Рисунок – Влияние видов субстрата на содержание нитратов при контейнерной технологии выращивания томата в теплицах, среднее за 2021 и 2022 гг.

Менее опасные металлы – Zn и Cu – обнаружены в плодах томата на всех без исключения вариантах опыта, содержание их в десятки раз ниже ПДК (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние видов субстрата при контейнерной технологии на территории, пострадавшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, на содержание тяжелых металлов в плодах тепличного томата, среднее за 2021 и 2022 гг.

Вариант	Элементы, мг/кг сухого вещества			
	Cd	Zn	Cu	Pb
Почвогрунт (контроль)	0	0,52	0,29	0,04
Верховой торф 100 %	0	0,28	0,16	0
Верховой торф 80 % + 20 % лузга гречихи	0	0,62	0,32	0
Верховой торф 80 % + 20 % перлит	0,001	0,33	0,18	0
Верховой торф 80 % + 20 % костра льна	0	0,59	0,28	0,02
Верховой торф 90 % + 10 % биогумус	0	0,32	0,16	0
Верховой торф 80 % + 20 % керамзит	0,002	0,29	0,17	0
НСР ₀₅	0,3	10,0	5,0	0,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При контейнерной технологии выращивания томата и получения плодов с высокими биохимическими показателями на территориях, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, при подготовке субстрата для набивки цилиндров без дна необходимо отдавать предпочтение верховому торфу и органическим добавкам, таким как биогумус, костра льна и керамзит при соблюдении пропорции 80 % верхового торфа + 20 % любого из вышеперечисленных компонентов.

Список использованных источников

1. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Алексеенко, Т. И. Применение торфа, древесных опилок и соломенной резки при выращивании томатов в промышленных теплицах / Т. И. Алексеенко // Науч.-техн. бюл. УкрНИИОБ. – 1979. – № 9. – С. 38–40.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студ. высших с.-х. учеб. завед. по агроном. спец. / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве / Науч.-исслед. ин-т овощного хоз-ва МСХ РСФСР, Укр. науч.-исслед. ин-т овощеводства и бахчеводства ; под ред. В. Ф. Белика, Г. Л. Бондаренко. – М., 1979. – 210 с.
5. Оценка влияния вида субстрата при выращивании томата в остекленных теплицах на накопление в продукции органических кислот и растворимых сахаров / А. А. Аутко [и др.] // Сб. науч. тр. по овощеводству и бахчеводству к 110-летию со дня рожд. Б. В. Квасникова. – М. : ВНИИОХ, 2009. – С. 55–57.

6. Степуро, М. Ф. Применение цилиндров без дна с различным составом субстрата для малообъемного выращивания овощных культур / М. Ф. Степуро, Т. В. Матюк // Состояние и проблемы научного обеспечения овощеводства защищенного грунта : сб. тез. Междунар. науч. конф. – М., 2003. – С. 89–92.

7. Степуро, М. Ф. Удобрение овощных культур / М. Ф. Степуро. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 193 с.

8. Эффективность использования лузги гречневой и костры льна в качестве компонентов торфяных тепличных грунтов / А. А. Аутко [и др.] // Эффективное овощеводство в современных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, июль 2005 г. – Минск, 2005. – С. 196–201.

Поступила в редакцию 11 ноября 2022 г.

M. F. Stepuro, A. V. Mihnyuk, V. I. Menkov

**THE EFFECT OF SUBSTRATES IN THE CONTAINER
TECHNOLOGY OF OBTAINING ORGANIC TOMATO PRODUCTS
IN GREENHOUSES ON THE TERRITORIES AFFECTED
BY THE CHERNOBYL ACCIDENT**

SUMMARY

The article presents a two-year study of growing a tomato hybrid in the area damaged by the Chernobyl nuclear accident, using container technology with substrates for filling bottomless cylinders with a size of 7 liters, providing an increase in their yield and quality by reducing nitrates and heavy metals.

Key words: tomato; substrate; buckwheat husk; flax shive; perlite; expanded clay; biocompost; hybrid; cylinder; fertilizers; irrigation; plastic; greenhouse.

О. А. Цыркунова, старший преподаватель

Т. В. Сачивко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры ботаники и физиологии растений

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Могилевская область

ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ МЯТЫ (*MENTHA*) ПО КОМПЛЕКСУ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты исследований по оценке морфологических признаков различных видов мяты (перечной, колосистой, водной, длиннолистной, болотной, душистой, имбирной, мохнатой, курчавой, широколистной, полевой).

В условиях северо-востока Республики Беларусь детально описаны морфологические признаки вегетативных и генеративных органов образцов мяты, позволяющих провести их идентификацию. Выявлены и рекомендованы признаки для селекции новых сортов мяты перечной, соответствующих критериям новизны и отличимости.

Ключевые слова: эфирномасличные культуры; мята; вид; сорт; морфология; отличимость.

ВВЕДЕНИЕ

Выращивание лекарственных и эфирномасличных культур является стратегическим направлением деятельности в Республике Беларусь. Для полного обеспечения фармацевтической, пищевой, ликеро-водочной и другой промышленности используется как отечественное, так и импортное растительное сырье, при этом доля импортного сырья составляет 45,5 %. Для снижения зависимости отечественного производства от импорта рекомендуется увеличение площадей, занятых под лекарственными культурами [1]. Для удовлетворения потребностей нашей страны в растительном сырье мяты необходимо, чтобы занимаемая площадь под этой культурой составляла около 20 га, а с учетом экспорта – должна быть увеличена.

Экспорт лекарственных и пряноароматических растений Республики Беларусь в 2017 г. составил около 1,7 млн долл. США, импорт – 6,7 млн долл. США. В 2020 г. Беларусь импортировала 2 536 кг эфирного масла мяты, в том числе 1 234 кг мяты перечной, экспортировала – 790 кг (Латвия) [2, 3].

Мята – это лекарственное и пряноароматическое растение, обладает желчегонным, спазмолитическим, антисептическим, противовоспалительным действиями. Многие дикорастущие и культурные виды мяты широко применяются в народной и научной медицине, парфюмерно-косметической, пищевой, консервной промышленности, в ликеро-водочном и кондитерском производстве, других отраслях экономики [4–16].

Лекарственные свойства мяты в значительной степени обусловлены ментолом, от которого зависит аромат масла. В эфирном масле мяты содержится до 50–90 % ментола и его эфиров, фелландрен, пинен, ясмон, пиперитон, ментофуран, дубильные кислоты и другие, а также танины, флавоноиды. Соцветия мяты содержат эфирного масла 4–6 %, листья – 2,5–3,0, стебли – 0,2–0,3 % (на сухое вещество). В состав листьев и соцветий входят также: аскорбиновая кислота (до 25 мг%), каротин (до 40), рутин (до 14 мг%), урсоловая и олеиновая кислоты, гиспередин, бетаин, альфа-, бета- и гамма-токоферол [10, 14].

Мировое производство эфирного масла из мяты составляет свыше 10 тыс. т в год, основные производители – США, Аргентина, Перу, Китай, Индия, Япония [2, 3].

На 2022 г. в Республике Беларусь в Государственный реестр сортов внесены лишь три сорта мяты: Очарование (2006), Вдохновение (2013) и Лекарственная (2014) [17]. Сорт Очарование рекомендован для использования в сельскохозяйственном производстве, а сорта Вдохновение и Лекарственная – для приусадебного возделывания. Для удовлетворения потребностей производства их недостаточно. Расширение существующего ассортимента мяты сдерживается несколькими причинами, в том числе недостаточной изученностью исходного материала. В связи с этим в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» изучается коллекция видов и сортов мяты с целью создания нового исходного материала для дальнейшей селекции.

Род Мята (*Mentha*) принадлежит семейству Яснотковые (*Lamiaceae*), он включает более 20 видов растений. Эти виды очень полиморфны, что связано с естественной межвидовой гибридизацией. Самым известным спонтанным межвидовым гибридом этого рода является мята перечная (*Mentha piperita* L.), которая возникла в Англии в XVII в.

Морфологические показатели имеют важное значение при идентификации вида и сорта, установлении его подлинности, а также могут использоваться при создании декоративных сортов.

Молекулярная биология предложила уникальные методики на отличимость генотипов, однако для выявления молекулярных маркеров требуются сложное оборудование, дорогостоящие реактивы и длительное время проведения анализов, поэтому не потеряли значение методики на отличимость с использованием морфологических маркеров.

Цель исследований – комплексный анализ существующих и поиск новых морфологических признаков мяты для оценки отличимости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению морфологических признаков растений мяты проводили в 2020–2022 гг. в полевых опытах в Горецком районе Могилевской области в условиях дерново-подзолистой суглинистой почвы.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта имела следующие показатели: pH_{KCl} – 6,5–6,8, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 390–410 мг/кг,

K₂O (0,2 М НСl) – 370–390 мг/кг почвы, гумуса (0,4 н К₂Cr₂O₇) – 2,9–3,1% (индекс агрохимической окультуренности 1,0).

Объекты исследований – 34 коллекционных образца: 18 образцов мяты перечной (*Mentha piperita* L.), 7 – мяты колосистой (*Mentha spicata* L.), а также образцы мяты водной (*Mentha aquatica* L.), мяты длиннолистной (*Mentha longifolia* (L.) Huds.), мяты болотной (*Mentha pulegium* L.), мяты душистой (*Mentha suaveolens* L.), мяты имбирной (*Mentha gracillis* L.), мяты мохнатой (*Mentha villosa* L.), мяты курчавой (*Mentha crispa* L.), мяты широколистной (*Mentha rotundifolia* (L.) Huds.), мяты полевой (*Mentha arvensis*).

Агротехнику возделывания мяты, размещение и посев питомников, уход и наблюдение за посевами, уборку и учет урожая проводили по общепринятым методикам [18–23].

Посадочный материал был визуально здоровым, он не обрабатывался препаратами. Образцы коллекции высевали вручную, рядки для посадки маркировали специальным маркером с междурядьями 70 см, размер делянок в коллекционном питомнике составил 2,0 м², учетная площадь – 0,7 м². Норма посадки 7–8 растений на погонный метр рядка.

В начале вегетации мята растет медленно и поэтому сильно угнетается сорняками, а также повреждается вредителями. Поэтому уход за посевами после приживания растений заключался в ручном рыхлении и прополке, которые периодически повторялись. При превышении пороговой численности вредителей проводилось опрыскивание растений мяты препаратом Каратэ в дозе 0,1 кг/га.

Определение основных морфологических признаков осуществляли визуально в период цветения растений в соответствии с методикой проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность [22]. В качестве основных морфологических признаков в наших исследованиях учитывали: тип и мощность развития куста; окраску и опушенность стебля; форму, окраску, опушенность, надрезанность, пузырчатость, форму кончика листовой пластинки, наличие и длину черешка; форму соцветий, окраску цветков и ее интенсивность, время начала цветения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологический анализ образцов одного вида позволяет выявить среди них различия, на основании которых могут быть определены перспективные формы и установлены коэффициенты корреляции между морфологическими и хозяйственно ценными признаками. Выявление характерных морфологических признаков и особенностей образцов позволяет идентифицировать его среди других сортов данного вида.

В результате обобщения данных полевых опытов установлено, что образцы коллекции морфологически отличаются друг от друга (табл. 1), более того, по внешнему виду не обнаружено идентичных образцов.

По типу роста куста выделены три группы растений: прямостоячие, раскидистые и стелющиеся. Среди мяты перечной преобладали образцы

Таблица 1 – Морфологические признаки вегетативных органов видов и сортов мяты, 2020–2022 гг.

Образец	Куст		Лист			
	Тип роста	Мощность развития	Форма	Опушение, интенсивность	Окраска	Форма кончика
Мята перечная:						
Чернолистная	Раскидистый	Средний	Эллиптический	Отсутствует	Темно-зеленая	Острый
Краснодарская	Раскидистый	Мощный	Эллиптический	Очень слабое	Зеленая	Острый
Московичка	Прямостоячий	Средний	Эллиптический	Отсутствует	Темно-зеленая	Острый
МП НикБС	Прямостоячий	Слабый	Эллиптический	Сильное	Светло-зеленая	Тупой
Очарование	Прямостоячий	Средний	Округло-эллиптический	Отсутствует	Зеленая	Тупой
Лекарственная	Раскидистый	Слабый	Эллиптический	Слабое	Зеленая	Тупой
Кубанская 6	Прямостоячий	Средний	Эллиптический	Сильное	Светло-зеленая	Тупой
Лекарственная 1	Раскидистый	Средний	Эллиптический	Отсутствует	Зеленая	Тупой
МП0120	Прямостоячий	Средний	Округло-эллиптический	Сильное	Светло-зеленая	Тупой
МП0220	Прямостоячий	Мощный	Округло-эллиптический	Отсутствует	Темно-зеленая	Тупой
МП0320	Прямостоячий	Мощный	Эллиптический	Отсутствует	Зеленая	Острый
МП0420	Прямостоячий	Слабый	Эллиптический	Слабое	Темно-зеленая	Острый
МП0520	Прямостоячий	Слабый	Эллиптический	Отсутствует	Зеленая	Тупой
МП0620	Прямостоячий	Слабый	Округло-эллиптический	Отсутствует	Темно-зеленая	Тупой
МП0720	Прямостоячий	Средний	Округлый	Сильное	Светло-зеленая	Округлый
МП0820	Прямостоячий	Средний	Эллиптический	Сильное	Светло-зеленая	Тупой
МП0921	Раскидистый	Средний	Эллиптический	Слабое	Зеленая	Острый
МП1021	Раскидистый	Средний	Эллиптический	Сильное	Зеленая	Острый
Мята колосистая:						
Снежана	Прямостоячий	Средний	Эллиптический	Отсутствует	Светло-зеленая	Острый
						Отсутствует

Образец	Куст		Лист				Черешок
	Тип роста	Мощность развития	Форма	Опушение, интенсивность	Окраска	Форма кончика	
Спирминт	Прямостоячий	Мощный	Округло-эллиптический	Среднее	Зеленая	Острый	Короткий
Карамелька	Прямостоячий	Слабый	Округло-эллиптический	Слабое	Темно-зеленая	Тупой	Короткий
Ментол	Прямостоячий	Средний	Округло-эллиптический	Слабое	Зеленая	Острый	Отсутствует
Ясная нотка	Прямостоячий	Средний	Эллиптический	Слабое	Зеленая	Острый	Отсутствует
Забава	Раскидистый	Средний	Эллиптический	Слабое	Зеленая	Острый	Отсутствует
Спиката	Прямостоячий	Слабый	Эллиптический	Отсутствует	Зеленая	Острый	Отсутствует
Мята курчавая	Прямостоячий	Средний	Эллиптический	Отсутствует	Темно-зеленая	Острый	Короткий
Мята длиннолистная	Прямостоячий	Средний	Ланцетный	Сильное	Светло-зеленая	Острый	Отсутствует
Мята душистая (вариегатная)	Стелющийся	Слабый	Эллиптический	Среднее	Вариегатная	Острый	Короткий
Мята болотная	Раскидистый	Мощный	Ланцетный	Среднее	Темно-зеленая	Острый	Средний
Мята водная	Стелющийся	Средний	Эллиптический	Слабое	Темно-зеленая	Тупой	Короткий
Мята имбирная	Раскидистый	Средний	Эллиптический	Отсутствует	Вариегатная	Тупой	Средний
Мята мохнатая	Раскидистый	Средний	Эллиптический	Отсутствует	Светло-зеленая	Острый	Отсутствует
Мята широколистная	Прямостоячий	Средний	Округло-эллиптический	Сильное	Светло-зеленая	Тупой	Отсутствует
Мята полевая	Раскидистый	Средний	Эллиптический	Слабое	Зеленая	Острый	Короткий

с прямостоячим кустом – 67 % (Москвичка, МП НикБС (Никитский ботанический сад), Очарование, Кубанская 6, МП0120, МП0220, МП0320, МП0420, МП0520, МП0620, МП0720, МП0820), встречались также и раскидистые кусты (Лекарственная, Лекарственная 1, МП0920, МП1021, Краснодарская, Чернолистная).

Среди образцов мяты колосистой преобладал прямостоячий тип роста куста – 86 % (Снежана, Спирминт, Карамелька, Ментол, Ясная нотка, Спиката), у образца Забава был отмечен раскидистый тип куста. Среди других образцов иных видов выделен раскидистый тип (болотная, имбирная, мохнатая, полевая), стелющийся (водная, душистая), прямостоячий (длиннолистная, курчавая, широколистная).

Была проведена оценка мощности куста, среди образцов выделены слабые, средние и мощные кусты. У мяты перечной преобладали образцы средней мощности – 56 % (Чернолистная, Москвичка, Очарование, Кубанская 6, Лекарственная 1, МП0120, МП0720, МП0820, МП0921, МП1021), были образцы с мощным (МП0220, МП0320, Краснодарская) и слабым кустом (МП НикБС, Лекарственная, МП0420, МП0520, МП0620). У мяты колосистой также больше образцов со средней мощностью куста – 71 % (Снежана, Ментол, Ясная нотка, Забава), были отмечены мощные (Спирминт) и слабые кусты (Карамелька, Спиката). Средней мощности кусты преобладали у иных видов мяты (курчавой, длиннолистной, водной, имбирной, мохнатой, широколистной, полевой).

Окраска стебля образцов коллекции имела следующие варианты: зеленая (перечная – Москвичка, МП НикБС, Кубанская 6, Лекарственная 1, МП0520, МП0720; колосистая – Снежана, Спирминт, Ментол, Ясная нотка, Карамелька, Спиката; длиннолистная, душистая, болотная, имбирная, широколистная, полевая) и с антоцианом (перечная – Чернолистная, Краснодарская, Очарование, Лекарственная, МП0320, МП0420, МП0620, МП0921, МП1021; колосистая – Забава; курчавая, водная, мохнатая). Антоциановая окраска была разной интенсивности.

По опушенности стебля выделены четыре группы растений: без опушения (перечная – Чернолистная, Краснодарская, Очарование, Лекарственная, Лекарственная 1, МП0220, МП0320, МП0520; колосистая – Снежана, Ментол, Ясная нотка; водная, курчавая, имбирная, мохнатая), слабоопушенный (перечная – МП0420, МП0620; колосистая – Карамелька, Забава, Спиката; полевая); среднеопушенный (перечная – МП НикБС, Кубанская 6, МП0921; колосистая – Спирминт; душистая, болотная) и сильноопушенный (перечная – МП0120, МП0720, МП0820, МП1021; длиннолистная, широколистная).

В методике нет признака «форма листа», но мы относим данный признак к важным и рекомендуем добавить в методику. Кроме визуальной оценки формы, можно руководствоваться расчетным соотношением длины и ширины. По форме листовой пластинки наши образцы разделили на четыре группы: ланцетные (коэффициент отношения длины к ширине – 4 и более), эллиптические (2,5), округло-эллиптические (2,0–1,5) и округлые (1,0). У образцов мяты перечной чаще встречался эллиптический по форме лист – 72 %, но были в коллекции

листья округло-эллиптической формы (Очарование, МП0120, МП0220, МП0620) и округлой (МП0720). У мяты колосистой были листья эллиптической (Снежана, Ясная нотка, Забава, Спиката) и округло-эллиптической формы (Спирминт, Карамелька, Ментол). У других видов коллекции листья ланцетные (длиннолистная, болотная), эллиптические (курчавая, душистая, водная, имбирная, мохнатая, полевая) и округло-эллиптические (широколистная).

По надрезанности листовой пластины абсолютное большинство образцов имело пильчатый лист со средней степенью надрезанности. Слабонадрезанный лист был у образцов МП0320, Спирминт, мята мохнатая, у мяты курчавой – глубоконадрезанный лист. У образца МП0120 лист по краю зубчатый. В методике есть вариант «зазубренный» по краю лист, но мы предлагаем заменить на термин «пильчатый», что с точки зрения ботаники является более приемлемым [22].

По степени пузырчатости выделено три группы листьев: сильная, средняя и слабая. Чаще в коллекции встречались листья со средней степенью пузырчатости (перечная – Краснодарская, Москвичка, Лекарственная, Кубанская 6, Лекарственная 1, МП0120, МП0220, МП0520, МП0620, МП0720, МП0820, МП0921, МП1021; колосистая – Спирминт, Карамелька, Ясная нотка, Забава; имбирная, мохнатая, широколистная), реже – сильнопузырчатые (Очарование, МП0420, Спиката, курчавая, душистая) и слабопузырчатые листья (Чернолистная, Москвичка, МП0320, Снежана, Ментол, длиннолистная, болотная, водная, полевая).

Выявлена широкая изменчивость по другим признакам листа. По окраске листьев растения коллекции разделены на четыре группы: светло-зеленые (перечная – МП НикБС, Кубанская 6, МП0120, МП0720, МП0820; колосистая – Снежана; длиннолистная, мохнатая, широколистная), зеленые (перечная – Краснодарская, Очарование, Лекарственная, Лекарственная 1, МП0320, МП0520, МП0921, МП1021; колосистая – Спирминт, Ментол, Ясная нотка, Забава, Спиката; полевая), темно-зеленые (перечная – Чернолистная, Москвичка, МП0220, МП0420, МП0620; колосистая – Карамелька, Спиката; курчавая водная) и вариегатные (душистая и имбирная).

Опушение листа варьировало от слабого до сильного либо отсутствовало. По данному признаку выделено четыре группы растений в нашей коллекции: без опушения (отсутствует) (перечная – Чернолистная, Москвичка, Очарование, Лекарственная 1, МП0220, МП0320, МП0520, МП0620; колосистая – Снежана, Спиката; курчавая, имбирная, мохнатая), слабоопушенные (перечная – Краснодарская, Лекарственная, МП0420, МП092; колосистая – Карамелька, Ментол, Ясная нотка, Забава; водная, полевая), среднеопушенные (колосистая – Спирминт; душистая, болотная) и сильноопушенные (перечная – МП НикБС, Кубанская 6, МП0120, МП0720, МП0820, МП1021; длиннолистная, широколистная).

Отсутствует в методике признак «листовой черешок», но, по нашему мнению, он может быть использован в качестве критерия отличимости.

Растения мяты по данному признаку разделены на четыре группы: без черешка или отсутствует (перечная – Лекарственная, Лекарственная 1,

МП0120, МП0220; колосистая – Снежана, Ментол, Ясная нотка, Забава, Спиката; длиннолистная, мохнатая, широколистная), короткий (перечная – Краснодарская, МП НикБС, Очарование, Кубанская 6, Лекарственная 1, МП0220, МП0420, МП0520, МП0620, МП0720, МП0820, МП0921, МП1021; колосистая – Спирминт, Карамелька; курчавая, душистая, водная, полевая), средний (Москвичка, болотная, имбирная) и длинный (Чернолистная, МП0320). Короткий черешок имеет длину 1–2 мм, средний – 3–5, длинный – 6–10 мм.

По форме кончика выделено три группы растений: острый (перечная – Чернолистная, Краснодарская, Москвичка, МП0320, МП0420, МП0921, МП1021; колосистая – Снежана, Спирминт, Ментол, Ясная нотка, Забава, Спиката; курчавая, длиннолистная, душистая, болотная, мохнатая, полевая), тупой (перечная – МП НикБС, Очарование, Лекарственная, Кубанская 6, Лекарственная 1, МП0120, МП0220, МП0520, МП0620, МП0820; колосистая – Карамелька; водная, имбирная, широколистная) и округлый (МП0720).

Генеративные органы также характеризовались разнообразием по морфологическим признакам (табл. 2).

По форме соцветий выделено три группы растений коллекции: цилиндрические (перечная – МП НикБС, Очарование, МП0120, МП0220, МП0320, МП0620, МП0820, МП0921, МП1021; колосистая – Снежана, Спирминт, Карамелька, Ясная нотка; курчавая, душистая, болотная, широколистная), конические (перечная – Чернолистная, Краснодарская, Москвичка, Лекарственная, Кубанская 6, Лекарственная 1, МП0420, МП0520; колосистая – Ментол, Забава, Спиката; длиннолистная, мохнатая) и пазушные (МП0720, водная, имбирная, полевая).

подавляющее большинство цветков мяты было лиловой окраски разной интенсивности. В методике есть варианты «розовая», «фиолетовая». Наш вариант ближе к фиолетовому, но не такой яркий. Белой окраски цветки были у вариегатного сорта мяты душистой. Остальные сорта по интенсивности лилового цвета разделены на три группы: темно-лиловые (перечная – Чернолистная, Краснодарская, Очарование, Лекарственная, МП0220, МП0720, МП0921; колосистая – Ментол, Забава; курчавая, мохнатая), лиловые (перечная – Москвичка, Кубанская 6, Лекарственная 1, МП0320, МП0520, МП0620, МП1021; колосистая – Снежана, Спирминт, Карамелька, Ясная нотка, Спиката; длиннолистная, болотная, водная, имбирная, полевая) и светло-лиловые (МП НикБС, МП0120, МП0420, МП0820; широколистная). По количеству соцветий нами выделено три группы мяты: малое (перечная – Краснодарская, Москвичка, Лекарственная, Лекарственная 1, МП0520, МП0620, МП1021; колосистая – Снежана, Спирминт, Карамелька; болотная, широколистная, полевая), среднее (перечная – Чернолистная, МП НикБС, Очарование, Кубанская 6, МП0820, МП0921; колосистая – Ментол, Ясная нотка, Забава, Спиката; курчавая, имбирная, мохнатая) и большое (перечная – МП0120, МП0220, МП0320, МП0420, МП0720; длиннолистная, душистая, водная).

Таблица 2 – Морфологические признаки генеративных органов видов и сортов мяты, 2020–2022 гг.

Образец	Форма соцветия	Окраска соцветия	Количество соцветий	Время начала цветения
Мята перечная:				
Чернолистная	Коническая	Темно-лиловая	Среднее	Среднее
Краснодарская	Коническая	Темно-лиловая	Мало	Позднее
Москвичка	Коническая	Лиловая	Мало	Среднее
МП НикБС	Цилиндрическая	Светло-лиловая	Среднее	Раннее
Очарование	Цилиндрическая	Темно-лиловая	Среднее	Среднее
Лекарственная	Коническая	Темно-лиловая	Мало	Раннее
Кубанская 6	Цилиндрическая	Лиловая	Среднее	Среднее
Лекарственная 1	Коническая	Лиловая	Мало	Позднее
МП0120	Цилиндрическая	Светло-лиловая	Много	Раннее
МП0220	Цилиндрическая	Темно-лиловая	Много	Позднее
МП0320	Цилиндрическая	Лиловая	Много	Среднее
МП0420	Коническая	Светло-лиловая	Много	Позднее
МП0520	Коническая	Лиловая	Мало	Позднее
МП0620	Цилиндрическая	Лиловая	Мало	Позднее
МП0720	Пазушная	Темно-лиловая	Много	Позднее
МП0820	Цилиндрическая	Светло-лиловая	Среднее	Среднее
МП0921	Цилиндрическая	Темно-лиловая	Среднее	Позднее
МП1021	Цилиндрическая	Лиловая	Мало	Позднее
Мята колосистая:				
Снежана	Цилиндрическая	Лиловая	Мало	Среднее
Спирминт	Цилиндрическая	Лиловая	Мало	Позднее
Карамелька	Цилиндрическая	Лиловая	Мало	Среднее
Ментол	Коническая	Темно-лиловая	Среднее	Среднее
Ясная нотка	Цилиндрическая	Лиловая	Среднее	Среднее
Забава	Коническая	Темно-лиловая	Среднее	Среднее
Спиката	Коническая	Лиловая	Среднее	Раннее
Мята курчавая	Цилиндрическая	Темно-лиловая	Среднее	Позднее
Мята длиннолистная	Коническая	Лиловая	Много	Раннее
Мята душистая (вариегатная)	Цилиндрическая	Белая	Много	Раннее
Мята болотная	Цилиндрическая	Лиловая	Мало	Позднее
Мята водная	Пазушная	Лиловая	Много	Раннее
Мята имбирная	Пазушная	Лиловая	Среднее	Раннее
Мята мохнатая	Коническая	Темно-лиловая	Среднее	Позднее
Мята широколистная	Цилиндрическая	Светло-лиловая	Мало	Среднее
Мята полевая	Пазушная	Лиловая	Мало	Раннее

По времени начала цветения все растения мяты разделили на три группы: ранние (МП НикБС, Лекарственные, МП0120, Спиката, длиннолистная, душистая, водная, имбирная, полевая), средние (перечная – Чернолистная, Москвичка, Очарование, Кубанская 6, МП0320, МП0820, колосистая – Снежана, Карамелька, Ментол, Ясная нотка, Забава; широколистная) и поздние (перечная – Краснодарская, Лекарственная 1, МП0220, МП0420, МП0520, МП0620, МП0720, МП0921, МП1021; колосистая – Спирминт; курчавая, болотная, мохнатая).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительная оценка образцов мяты показала, что они различаются между собой по морфологическим признакам и могут быть использованы для селекции новых сортов, соответствующих критериям новизны и отличимости.

В результате оценки коллекционных образцов описаны морфологические признаки различных видов и сортов мяты и даны предложения по усовершенствованию методики по испытанию сортов мяты на отличимость, однородность и стабильность. Выявлена широкая изменчивость по ряду признаков вегетативных и генеративных органов. Это может быть использовано для получения нового исходного материала для селекции мяты перечной методом межвидовой гибридизации.

Список использованных источников

1. Карачевская, Е. В. Прогноз территориального размещения лекарственной отрасли в системе агропромышленного комплекса Республики Беларусь / Е. В. Карачевская // Вестн. БГСХА. – 2019. – № 3 – С. 25–30.
2. Экспорт и импорт товаров в январе – декабре 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/vneshnyaya-orgovlya/operativnye-dannye/eksport-i-import-tovarov-g-6-znakov-tn-ved-eaes/>. – Дата доступа: 04.05.2022.
3. Карачевская, Е. В. Особенности развития внешней торговли эфиромасличной и лекарственной отрасли в Республике Беларусь / Е. В. Карачевская // Вестн. БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 41–45.
4. Генетические ресурсы растений. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – 22 с.
5. Гордеева, А. П. Коллекция лекарственных растений в ботаническом саду УО «БГСХА» / А. П. Гордеева, Т. В. Сачивко // Лекарственные растения: биоразнообразие, технологии, применение : сб. науч. ст. по материалам I Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 5–6 июня 2014 г. – Гродно : ГГАУ, 2014. – С. 24–26.
6. Декоративные растения и основы ландшафтного дизайна. Декоративные цветочные растения открытого грунта / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – 71 с.
7. Егорова, Н. А. Биотехнологические основы создания новых форм и размножения эфиромасличных растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук :

03.00.20 / Н. А. Егорова; Ин-т эфиромасличных и лекарственных растений НААН Украины. – Симферополь, 2012. – 48 с.

8. Моисеев, В. П. Генофонд хозяйственно полезных растений Белорусской государственной сельскохозяйственной академии / В. П. Моисеев, Т. В. Сачивко // Земледелие и защита растений. – 2019. – № 6 (127). – С. 44–45.

9. Морозов, А. И. Селекция мяты разного целевого направления / А. И. Морозов // Вестн. рос. с.-х. науки. – 2018. – № 5. – С. 52–55.

10. Мустяцэ, Г. И. Культура мяты перечной / Г. И. Мустяцэ. – Кишинев : Штиинца, 1985. – 200 с.

11. Сачивко, Т. В. Коллекция пряно-ароматических растений / Т. В. Сачивко // Генетические ресурсы растений в Беларуси: мобилизация, сохранение, изучение и использование. – Минск : Четыре четверти, 2019. – С. 323–325.

12. Сачивко, Т. В. Особенности коллекции пряно-ароматических растений в ботаническом саду / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Труды БГТУ: Лесное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 206–210.

13. Сачивко, Т. В. Пряная грядка / Т. В. Сачивко // Хозяин. – 2013. – № 12. – С. 18–19.

14. Цыркунова, О. А. Лекарственные растения : курс лекций / О. А. Цыркунова, А. А. Горновский. – Горки : БГСХА, 2019 – 140 с.

15. Цыркунова, О. А. Морфологические признаки образцов мяты (*Mentha*) в коллекции УО «БГСХА» / О. А. Цыркунова, Т. В. Сачивко // Актуальные проблемы агрономии : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 2 нояб. 2020 г. / БГСХА ; ред.: О. А. Цыркунова [и др.]. – Горки, 2020. – С. 78–81.

16. Шкляр, П. А. Пряно-ароматические и лекарственные культуры в Беларуси (инновации, технологии, экономика и организация производства) / А. П. Шкляр. – Минск : БГАТУ, 2014. – 200 с.

17. Государственный реестр сортов Республики Беларусь / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2021. – 282 с.

18. Дуктова, Н. А. Лекарственные растения: эфирно-масличные и пряно-ароматические / Н. А. Дуктова, А. И. Мыхлык. – Горки : БГСХА, 2018. – 60 с.

19. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М. : Инфра-М, 2016. – 336 с.

20. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – М. : ВНИИО, 2011. – 650 с.

21. Скорина, В. В. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры / В. В. Скорина, В. Н. Прохоров. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 215 с.

22. Методика проведения испытания на отличимость, однородность и стабильность мяты перечной (*Mentha x piperita* L.) ВУ RTG/229/1/1. – Минск, 2018. – 9 с.

23. Селекция эфиромасличных культур: методические указания / А. И. Аринштейн [и др.]. – Симферополь : ВНИИЭМК, 1978. – 34 с.

Поступила в редакцию 17 ноября 2022 г.

O. A. Tsyркunova, T. V. Sachivko

EVALUATION OF MINT (*MENTHA*) SAMPLES BY THE COMPLEX OF MORPHOLOGICAL FEATURES

SUMMARY

The article presents the results of assessment study on the morphological features of various types of mint (pepper, spear, water, horse, pennyroyal, apple, ginger, villous, crisped-leaved, broad-leaved, wild).

In the conditions of the north-east of the Republic of Belarus, the morphological features of the vegetative and generative organs of mint samples have been described in detail, allowing for their identification. Traits for the selection of new peppermint varieties that meet the criteria of novelty and distinctiveness have been identified and recommended.

Key words: essential-oil plants; mint; species ; variety; morphology; distinctiveness.

А. И. Чайковский, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, директор

РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СЕМЕНОВОДСТВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

РЕЗЮМЕ

Описывается исторический путь развития семеноводства овощных культур на территории Беларуси. Несмотря на давнюю историю семеноводства традиционных для белорусских земель овощных культур, существенные результаты при производстве семян получены после принятия ряда организационных мер в 20–30-х годах XX в. в СССР: принятие декрета о семеноводстве, постановления о селекции и семеноводстве, создание специализированного НИИ. С начала 80-х годов XX в. отмечается деградация семеноводства овощных культур, которое усугубилось с распадом СССР и разрушением сложившейся системы производства и поставок семян. На данный момент в Беларуси имеется система создания сортов и гибридов овощных культур, их первичного семеноводства (производства оригинальных семян) и внедрения в производство, а также реализации семян, однако отсутствует главное звено – производство репродукционных семян и посадочного материала овощных культур. В этой связи существует острая необходимость разработки стратегии обеспечения производителей качественными семенами овощных культур по доступным ценам.

Ключевые слова: селекция; система семеноводства; семена; овощные культуры; продуктивность; посевы; размножение.

ВВЕДЕНИЕ

Семеноводство зародилось одновременно с селекцией и началом выращивания диких видов для употребления в пищу. Благодаря отбору, сохранению и пересеву лучших растений, человек изменял течение естественного отбора, в результате чего создавались новые формы полезных растений, увеличивалось разнообразие окультуренных видов. Развитие семеноводства определенных культур на конкретной территории зависит от того, какие из них выращиваются на данной территории.

Репа – одна из старейших европейских овощных культур. История ее возделывания насчитывает более 40 веков [1]. В I тыс. до н. э. на территории Беларуси репа была наиболее распространенной среди овощных культур. Древнейшими овощными культурами, которые стали возделывать на территории центральной Беларуси в V–VI вв., были горох и бобы, которые попали сюда, вероятнее всего, из Болгарии. В X в. из огородных растений

наибольшее распространение получила капуста, с начала XII в. – свекла. В X–XIII вв. на территории Беларуси выращивали в основном репу, свеклу, капусту, лук, морковь. Популярными также были огурцы, брюква и редька. В XVI–XVIII вв. были известны капуста, свекла, репа, редька, бобы, горох, морковь, чеснок, лук, пастернак, укроп, петрушка, огурцы, тыква, хрен, тмин. В 1760–1790 гг. к ранее известным овощам добавляются порей, сельдерей, шпинат, фасоль, кольраби. С 60-х годов XIX в. начали выращивать томаты [2].

В 1893–1896 гг. из Беларуси было вывезено 102,7 тыс. пудов капусты, лука и огурцов, а ввезено 60,6 тыс. пудов, в 1897–1900 гг. – 141,1 тыс. и 89,2 тыс. пудов соответственно. Из Беларуси вывозили в основном капусту. В 1901–1905 гг. этот показатель составил 102 тыс. пудов, в 1906–1910 гг. – 169, в 1911–1913 гг. – 210 тыс. пудов. Вывоз других овощей был весьма незначителен, более того, ввоз огурцов и лука превышал их вывоз [2].

В 1913 г. в Беларуси овощными культурами было занято 42 тыс. га. Валовой сбор овощей составлял 70 тыс. т. В 1940 г. под овощными культурами было занято 62 тыс. га, валовой сбор достиг 673 тыс. т. В 1993 г. площадь посевов овощных культур впервые превзошла довоенный уровень и составила 64,6 тыс. га, а валовой сбор достиг 1 048 тыс. т [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Параллельно с развитием овощеводства на территории Беларуси формировалось и семеноводство овощных культур.

В XV в. давид-городокские купцы торговали семенами овощных культур. В 1776–1780 гг. из владения Юзефа Радзивилла (Давид-Городок) было вывезено и продано 60–98 % всех семян огородных культур. К началу XX в. сложились центры по выращиванию отдельных овощных культур. Пинская и Шкловская волости начали специализироваться на выращивании огурцов, Речицкая – фасоли, Слуцкая – лука, чеснока, Давид-Городок – семян овощных культур [2].

Предпосылкой организации государственного производства семян огородных растений для северной нечерноземной полосы России явился недостаток семян, вызванный прекращением поступления их из южных районов, а также из-за границы вследствие гражданской войны, что и побудило Наркомзем в 1918–1919 гг. приступить к решению этой проблемы [3].

Новый этап развития планового семеноводства, организованного в масштабе всей страны начался с принятия в 1921 г. декрета Совета Народных Комиссаров СССР «О семеноводстве».

Государство выстроило строгую научно обоснованную систему зонального семеноводства овощных культур, которая включала научно-исследовательские институты, элитные и семеноводческие хозяйства, производящие репродукционные семена и систему семенных заводов со складами, магазинами и базами в системе Всесоюзного объединения «Союзсортселем». Специалисты объединения осуществляли планирование объемов производства оригинальных, элитных и репродукционных семян, контроль за сортавыми

качествами, проводили закупку произведенных семян и их реализацию овощеводческим хозяйствам и населению [4].

В 1925–1926 гг. отдельные крестьяне на территории Беларуси с успехом выращивали и продавали рассаду, семена капусты, брюквы и других овощных культур [2].

Систематическая научно-исследовательская работа по овощеводству получила широкое развитие с 1925 г., когда было создано первое специализированное научно-исследовательское учреждение по плодоводству и овощеводству. На базе совхоза «Люшица-1» 10 октября 1925 г. постановлением СНК БССР было открыто Белорусское отделение Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур, находившееся в ведении отдела плодоводства, основными задачами которого были предварительное изучение, определение и описание большого количества растений, их сортоизучение и размножение. В соответствии со специализацией Белорусское отделение занималось изучением овощных, плодовых и ягодных культур, древесно-кустарниковых пород, а также полевых и кормовых культур [2].

За сравнительно небольшой период (1926–1930 гг.) в Белорусском отделении Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур было собрано более 2 250 сортообразцов овощных культур из основных районов СССР и ряда зарубежных стран. На опытных полях высевались капуста, морковь, свекла, лук, томаты, огурцы, редис, турнепс, брюква, тыква, горох, фасоль [2].

Следующий этап развития отрасли начался после принятия 2 августа 1931 г. постановления ЦК ВКП(б) «О селекции и семеноводстве», определившего 10 крупных селекционных центров, в систему которых было включено 165 селекционных станций, охватывающих все почвенно-климатические зоны СССР, в том числе 11 станций на территории БССР.

В послевоенный период семеноводческая система в республике была восстановлена и значительно расширена. На государственном уровне организована помощь огородникам транспортом, тягловой силой, продажей семян ларьками «Сортсемовощ» и рассады из пригородных колхозов и совхозов [2].

Белорусская плодовоовощная опытная станция за послевоенный период (1945–1957 гг.) передала республиканской организации «Сортсемовощ» свыше 6 т семян элиты овощных культур, ежегодно реализовывалось колхозам, совхозам и крестьянам-опытникам более 150 кг семян лучших сортов томатов, огурцов, капусты, моркови, столовой свеклы и других овощных культур [2]. Только в 1955 г. передано колхозам через «Сортсемовощ» около 500 кг элитных семян и разослано с семенами более 200 посылок [5].

В начале 1970-х годов среди овощных культур редис занимал второстепенное место, однако имел наибольший спрос у населения как ранняя и скороспелая культура. Поэтому потребность в семенах этой культуры была высокая. В республике семеноводством редиса занимались хозяйства Гомельской, Гродненской и Минской областей на площади 60–65 га. При соблюдении агроприемов ежегодно можно было получать урожай семян хороших посевных качеств до 10–13 ц/га [6].

Производством элитных семян огурцов в 1972–1978 гг. занимались в опытном хозяйстве «Русиновичи» Минского района. Начиная с 1978 г. налажено производство элитных семян овощных культур непосредственно в специализированных овощеводческих хозяйствах республики: семена столовых корнеплодов – в совхозе «Киселевичи» Бобруйского района, семена лука репчатого – в колхозе им. XXII съезда КПСС Гомельского района [2].

В 1973–1978 гг. Белорусский научно-исследовательский институт картофелеводства и плодовоовощеводства Министерства сельского хозяйства БССР на базе совхоза «Киселевичи» Бобруйского района выращивал элитные семена столовой моркови Нантская 4, свеклы Бордо 237 и получал самые высокие урожаи этих культур в республике. Урожайность элитных семян моркови составляла 8–12 ц/га, свеклы – 16–20 ц/га [7].

С начала 1980-х годов начинается деградация семеноводства овощных культур. В 1984 г. И. С. Суменков писал: «Производство сортовых семян овощных культур в семеноводческих хозяйствах в настоящее время все еще налажено недостаточно. Семян районированных сортов не хватает, значительное количество их ввозится из других республик и даже стран. Завозимый семенной материал не обеспечивает получение высоких урожаев и качества овощной продукции. Специализированные же хозяйства недостаточно уделяют внимания семеноводству овощных культур, допускают отступления от технологии возделывания семеноводческих посевов, в результате чего снижается качество семян» [8].

В первой половине 1990-х годов произошло дальнейшее заметное снижение и без того низкой продуктивности семеноводческих посевов овощных культур. С распадом СССР разрушилась сложившаяся система производства и поставок семян по линии союзного и подведомственных ему республиканских объединений «Сортсеемощ». Отсутствие привычной союзной разрядки и свертывание производства семян в республике вызвали хаотичный завоз их с любых мест, нередко без учета сортовых и посевных качеств.

По оценкам Н. А. Свиридова, в 1991 г. ежегодная потребность в семенах белокочанной капусты по республике составляла более 13 т. В республике семеноводством занимались 9 хозяйств системы «Сортсеемощ». Под маточниками было занято около 500 га, под семенниками – 100 га. В среднем по объединению за 1985–1990 гг. урожайность семян составила 0,7 ц/га, что ниже плановой в 2,4 раза. Семеноводческие хозяйства республики высаживали семенники на необоснованно больших площадях и в результате из-за отсутствия необходимой техники и рабочей силы были не в состоянии выращивать семена на существующих площадях. При этом нарушалась агротехника, что приводило к снижению урожайности и ухудшению качества семян [9].

Н. А. Свиридов также отмечает: «В Белоруссии семеноводство столовой моркови является острой проблемой овощеводства. Из-за низкой урожайности семян в специализированных совхозах (0,7–1,7 ц/га) семеноводство моркови нерентабельно. Обеспеченность своими семенами моркови

по республике составляет менее 10 %. Причем качество семян не всегда соответствует первому классу» [10].

В 1992 г. в республике начала формироваться двухзвенная система семеноводства овощных культур, состоящая из элитного и промышленного звеньев. Элитно-семеноводческим звеном являлось созданное во главе с БелНИИ овощеводства научно-производственное объединение «Элитсемовощ». В объединение кроме института входили экспериментальная база «Киселевичи» Бобруйского района и совхоз «Лошица» Минского района. Задача НПО «Элитсемовощ» состояла в налаживании элитного семеноводства, то есть в обеспечении производства необходимых объемов элитных семян овощных культур [11].

До 1995 г. функции обеспечения республики семенами овощных культур, в том числе и их производства, возлагались на РО «Белсемена», в состав которого в 1991 г. были включены совхозы и организации РО «Сортсемовощ».

В 1995 г. спецсовхозы республики выращивали семена только семи овощных культур: капусты белокочанной, свеклы столовой, редьки, гороха овощного, редиса, щавеля, лука (севок). Семенной материал таких культур, как морковь, репа, томаты, огурцы, чеснок, укроп, салат, шпинат, капуста краснокочанная не выращивался вообще. Обеспеченность семенами собственного производства составляла менее 10 %. Из других стран в республику завозилось около 1 400 т семян овощных культур. Удельный вес семеноводческих посевов с учетом страховых фондов для капусты и томата составлял 1,0–1,5 %, корнеплодов – 2–3, лука – 4–5, фасоли и гороха овощного – до 15 % [11].

С целью совершенствования организации семеноводства сельскохозяйственных культур приказом Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 21 августа 1995 г. №137 РО «Белсемена» ликвидировано. В том же году совхозы, ранее входившие в РО «Белсемена», специализирующиеся на производстве семян овощных культур, и областные объединения «Сортсемовощ» с торгово-закупочной сетью были включены в НПО «Элитсемовощ». С этого времени НПО «Элитсемовощ», головной организацией которой является БелНИИ овощеводства, занималось не только элитным, но и промышленным семеноводством. Его главная задача состояла в обеспечении семенами овощных культур всех овощеводческих хозяйств и населения [11].

По оценкам Г. И. Гануша, в системе НПО «Элитсемовощ» необходимо было ежегодно производить семян капусты 18,1 т, моркови – 38,5, столовой свеклы – 55,0, огурца – 26,8, томата – 7,6, кабачков – 1,8, гороха овощного – 1 940, лука-севка – 4 000, чеснока – 1 120 т. Чтобы произвести такое количество семян, площади под семенниками и маточниками необходимо было довести до 7,0–7,2 тыс. га, в то время как фактически они составляли только около 0,9 тыс. га [11].

В 1996 г., первоначальном году функционирования новой системы семеноводства, было произведено 494,2 т семян овощных культур, что составляет более 80 % к объему реализации. Впервые под полную потребность

в республике были выращены собственные семена гороха овощного (465 т) [12]. Продуктивность семеноводческих посевов несколько увеличилась. Урожайность семян капусты белокочанной составила 1,4 ц/га, свеклы столовой – 0,7, редиса – 1,3, щавеля – 0,8 ц/га. Однако показатели урожайности по хозяйствам изменялись в широких пределах. Основной причиной низкой урожайности семеноводческих посевов было неудовлетворительное соблюдение научно обоснованных технологий производства семян, а порой и грубое их нарушение. В связи с острым дефицитом финансов существенно сократилось применение удобрений, средств защиты растений [12].

В 1997 г. в НПО «Элитсеменовощ» входило 23 семеноводческих совхоза, 5 областных и 2 межрайонных государственных предприятия «Сортсеменовощ». Головной организацией являлось БелНИИ овощеводства. С НПО «Элитсеменовощ» координировало свою работу арендное предприятие, созданное в ноябре 1995 г. на базе Минского областного объединения «Сортсеменовощ». Взаимоотношения между предприятиями «Сортсеменовощ» и семеноводческими совхозами строились на договорной основе. [12].

Переход семеноводческих совхозов из одних ведомств в другие отрицательно сказался на их состоянии. Почти все совхозы утратили овощесеменоводческую специализацию, превратились в обычные хозяйства, занимающиеся производством животноводческой продукции, зерна и кормов. В ряде мест ранее созданная материально-техническая база семеноводства пришла в непригодное состояние. Такие хозяйства были не в состоянии вести семеноводство овощных культур, которое характеризуется повышенными требованиями к природным и экономическим факторам производства. В 1997 г. все более очевидной стала целесообразность вывода этих хозяйств из состава НПО «Элитсеменовощ» и включения непосредственно в систему райсельхозпродов. Кроме того, в планах была передача в коммунальную собственность государственных предприятий «Сортсеменовощ» с их системой оптовой и розничной торговли. В составе НПО «Элитсеменовощ» с целью производства семян элиты планировалось оставить 7 совхозов и Могилевское отделение «Сортсеменовощ» [12].

Во второй половине 1990-х годов выращиванием и обеспечением семенами овощных культур потребителей в Беларуси занималось НПО «Элитсеменовощ». Из-за низкой урожайности семян столовых корнеплодов в этой системе (0,7–2,0 ц/га) их производство оказалось нерентабельным. Основными причинами неэффективного семеноводства столовых корнеплодов явились отсутствие специализации и слабая экономическая заинтересованность хозяйств, нерациональное размещение семеноводства корнеплодов без учета климатических зон республики и почв, плохая обеспеченность трудовыми и материальными ресурсами. Природно-климатические условия Беларуси и биологический потенциал продуктивности сортов позволяли получать 3–4 ц/га моркови, 7–10 – свеклы столовой и 5–6 ц/га зимней редьки. Одним из важных факторов повышения экономической эффективности производства сортовых семян могло бы стать внедрение в семеноводство интенсивных технологий

выращивания маточников и семенников при сокращении затрат ручного труда [13].

В 1999 г. в систему НПО «Элитсеговош» вошло 17 семеноводческих хозяйств. Большинство из них утратило основную специализацию. Доля выручки от реализации семян в среднем по всем хозяйствам объединения составляла 8 %, объем производимых в республике семян овощных культур в отдельные годы – лишь 5–25 % от потребности.

В начале 2000-х годов НПО «Элитсеговош» было упразднено. Семеноводство овощных культур оказалось разобщенным, селекционная работа и выращивание семян осуществлялись в разных системах. Это привело к тому, что собственное производство семян не было развернуто в требуемом объеме. На территории республики начали создаваться иностранные фирмы по заову семян из-за пределов Беларуси [14]. Собственное производство семян овощных культур составляло порядка 400–450 т, что обеспечивало 39 % потребности, а лука севка – 160 т, или 10 %. В середине 2000-х годов урожайность семян капусты белокочанной в хозяйствах не превышала 1,5–2,0 ц/га [14].

В РУП «Институт овощеводства» и других организациях под научно-методическим руководством сотрудников в 2007–2009 гг. выращено более 6 500 кг суперэлитных и 1 520 элитных семян 49 сортов и гибридов по 16 культурам [2]. Однако с 2010 г. элитные и суперэлитные семена овощных культур выкупались на 10–30 %. Данное обстоятельство вынудило РУП «Институт овощеводства» переходить на производство семян низших репродукций, которые более ликвидны в условиях рыночной экономики.

В 2008–2010 гг. в Могилевской области производством семян овощных культур занимались 2 хозяйства: РСУП «Совхоз «Киселевичи» Бобруйского района и УКСП «Протасевичи» Осиповичского района. [15]. По данным ОАО «Могилевсортсеговош», импорт семян овощных культур в Могилевской области в 2011 г. составил 5 278 кг, что на 31,2 % больше 2009 г. В стоимостном выражении по итогам 2011 г. импорт семян овощных культур в Могилевской области, по данным ОАО «Могилевсортсеговош», оценивается в 79 тыс. долл. США, или 365 млн бел. руб. [16]. Удельный вес импортных семян в общем объеме реализованных семян овощных культур ОАО «Могилевсортсеговош» в 2010–2011 гг. составил более 90 % [15]. Данные о реализации семян отечественных сортов столовых корнеплодов показывают, что на долю РО «Белсемена» в 2009 г. приходится чуть более 9 % [17].

По состоянию на 2014 г. в составе РО «Белсемена» не осталось организаций, занимающихся семеноводством овощных культур. В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 29 декабря 2012 г. № 276 рп «О безвозмездной передаче имущества» из республиканской собственности в собственность административно-территориальных единиц переданы ОАО «ВитебскСортСемОвош», ОАО «Гомельсортсеговош», ОАО «Могилевсортсеговош», ОАО «Слуцксортсеговош». Предприятия «Сортсеговош» по причине неплатежеспособности не могут заниматься размножением

семян овощных культур. ОАО «Слуцксортсемовощ», ОАО «Гомельсортсемовощ», ОАО «Столинсортсемовощ» ликвидированы.

В настоящее время в стране нет организаций, занимающихся семеноводством овощных культур. Из приватизированных в 2008 г. семи организаций «Сортсемовощ» в настоящее время функционирует лишь одна.

В настоящее время РУП «Институт овощеводства» является основным производителем оригинальных и элитных семян овощных культур в Республике Беларусь и ежегодно воспроизводит семена высоких репродукций по созданным сортам. В институте производятся репродукционные семена целого ряда овощных культур. В то же время материально-техническая база РУП «Институт овощеводства», созданная для производства оригинальных и элитных семян, не позволяет полностью удовлетворить спрос на отечественные семена для товарных посевов. В связи с постепенным переводом селекции на гибридную основу, для улучшения конкурентоспособности отечественных семян овощных культур в РУП «Институт овощеводства» необходимо существенное обновление материально-технической базы, что обусловлено возрастанием объема работ при отдельном семеноводстве родительских компонентов гибрида. Институтом на договорной основе осуществляются попытки организации производства репродукционных семян внутри страны и за ее пределами. Совместно с ОАО «МинскСортСемОвощ» проводится размножение за границей ряда сортов тыквенных культур: огурец, кабачок, патиссон. Прорабатывается вопрос производства семян лука репчатого в Молдове. Изучается возможность организации семеноводства ряда овощных культур в Узбекистане, Дагестане.

В настоящее время в стране имеется система создания сортов и гибридов овощных культур, их первичного семеноводства (производства оригинальных семян) и внедрения в производство, а также система реализации семян, однако отсутствует главное звено – производство репродукционных семян и посадочного материала овощных культур. В этой связи имеется острая необходимость разработки стратегии обеспечения производителей качественными семенами овощных культур по доступным ценам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С начала 80-х годов XX в. отмечается деградация семеноводства овощных культур, которое усугубилось в 90-е годы с распадом СССР и разрушением сложившейся системы производства и поставок семян по линии союзного и подведомственных ему республиканских объединений «Сортсемовощ». Отсутствие привычной союзной разнарядки и свертывание производства семян в республике вызвали хаотичный завоз их с любых мест, нередко без учета сортовых и посевных качеств. Несмотря на предпринятые попытки сохранения и восстановления системы семеноводства овощных культур, на данном этапе практически полностью отсутствует главное звено – производство репродукционных семян овощей и посадочного материала.

Реализация потенциала созданных сортов и гибридов овощных культур во многом определяется условиями семеноводства. В этой связи требуется

разработка комплекса мер, направленных на возрождение отечественного семеноводства овощных культур, создания современной материально-технической базы, позволяющей производить семена и посадочный материал высокого качества, проводить его предпосевную и предпродажную подготовку.

Список использованных источников

1. Гануш, Г. И. Главный овощ предков. – Минск : ПКФ «Солярис». – 1994. – 40 с.
2. Летопись овощеводства в Беларуси / А. А. Аутко [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 410 с.
3. История ВНИИССОК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vniissok.ru/institut/istoriya-vniissok>. – Дата доступа 26.08.2020.
4. Монахос, Г. Ф. Селекция и первичное семеноводство: состояние и перспективы / Г. Ф. Монахос // Картофель и овощи. – 2017. – № 3. – С. 2–4.
5. Минск. Справочник-путеводитель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://minchanin.esmasoft.com/books/minsk56/minsk56_text.html. – Дата доступа: 06.08.2020.
6. Мелешкевич, В. П. Агротехника редиса на семена / В. П. Мелешкевич // Овощеводство. – 1975. – Вып. 3. – С. 27–30.
7. Сытько, В. Г. Передовой опыт выращивания семян элиты столовых корнеплодов / В. Г. Сытько, В. И. Слизов, З. В. Гракович // Овощеводство. – 1978. – Вып. 4. – С. 25–28.
8. Суменков, И. С. Селекция и семеноводство овощных культур – важный фактор интенсификации овощеводства / И. С. Суменков, Н. И. Костечко // Овощеводство. – 1984. – Вып. 6. – С. 3–9.
9. Свиридов, Н. А. Способы семеноводства белокочанной капусты в Белорусской ССР / Н. А. Свиридов, В. П. Мелешкевич // Овощеводство. – 1991. – Вып. 8. – С. 34–36.
10. Свиридов, Н. А. Влияние схем посадки и условий выращивания на урожайность семян столовой моркови / Н. А. Свиридов, В. П. Мелешкевич, В. М. Грибовский // Овощеводство. – 1991. – Вып. 8. – С. 36–40.
11. Гануш, Г. И. Овощеводство Беларуси: экономика, организация, агротехника / Г. И. Гануш. – Минск : Ураджай, 1996. – 272 с.
12. Гануш, Г. И. Организационно-экономический механизм функционирования овощного подкомплекса в условиях перехода к рынку: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Г. И. Гануш; Белорус. науч.-исслед. ин-т овощеводства. – Минск, 1997. – 35 с.
13. Грибовский, В. М. Повышение экономической эффективности технологий выращивания столовых корнеплодов и их семян / В. М. Грибовский // Овощеводство. – 1999. – Вып. 11. – С. 41–46.
14. Данилевич, Ю. В. Семеноводство капусты белокочанной в Беларуси / Ю. В. Данилевич, А. А. Аутко, Ю. М. Забара. – Минск : Рэйплац, 2008. – 203 с.

15. Гуца, А. В. Анализ современного состояния и перспектив развития семеноводства овощных культур в Могилевской области / А. В. Гуца // Сб. науч. тр. «Проблемы экономики». – 2012. – № 1 (14). – С. 47–54.

16. Гуца, А. В. Структура импорта семян овощных культур ОАО «Могилевсортсемоощ» / А. В. Гуца // Актуальные проблемы инновационного развития агропромышленного комплекса Беларуси : материалы III-й Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 16–18 мая 2013 г. / М-во сельского хозяйства и прод. Респ. Беларусь, Главное упр. образования, науки и кадров, Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2013. – С. 231–233.

17. Шкляр, А. П. Эффективность отечественного семеноводства корнеплодных овощных культур / А. П. Шкляр, А. И. Бохан // Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе : сб. науч. ст. 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2010 г. : в 2 ч. / М-во сельского хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – Минск, 2010. – Ч. 2. – С. 112–113.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

A. I. Chaykovskiy

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF VEGETABLE SEED PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

SUMMARY

The historical development of vegetable seed production on the territory of Belarus is described. Despite the long history of seed production of vegetable crops traditional for Belarusian lands, significant results in the seed production were obtained after a number of organizational measures in the 20–30s of the 20th century in the USSR: adoption of a decree on seed production, a resolution on selection and seed production, creation of a specialized research institute. There had been a degradation of vegetable seed production from the beginning of the 80s, which was aggravated with the collapse of the USSR and the destruction of the existing system of production and supply of seeds. Today Belarus has a system for creating varieties and hybrids of vegetable crops, their primary seed production (production of original seeds) and their introduction into production, as well as the sale of seeds, but the key link is missing – the production of reproductive seeds and planting material of vegetable crops. In this regard, there is an urgent need to develop a strategy to provide producers with quality vegetable seeds at affordable prices.

Key words: selection; seed production system; seeds; vegetable crops; productivity; crops; reproduction.

А. И. Чайковский, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, директор

РУП «Институт овощеводства», аг. Самохваловичи, Минский район

«ЦИФРОВАЯ ТЕПЛИЦА»: КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОВОЩЕВОДСТВА В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

РЕЗЮМЕ

Рассмотрены ключевые технологии, применяемые в «цифровых теплицах». Обобщены теоретические и практические данные по особенностям использования высоких технологий при выращивании овощной продукции в контролируемых условиях.

Ключевые слова: «цифровая теплица»; «умная теплица»; вертикальная теплица; роботизация; многоярусная узкостеллажная гидропоника; многоярусная фитоустановка; светодиодные светильники.

ВВЕДЕНИЕ

В обеспечении здоровья населения важная роль отводится рациональному питанию, под которым понимается развитая культура потребления пищевых продуктов на уровне домашних хозяйств, наилучшим образом удовлетворяющая потребности организма человека в энергии и жизненно важных веществах в конкретных условиях его жизнедеятельности.

По современным представлениям в основе здорового питания лежит гармоничное сочетание животной и растительной пищи, а одним из ключевых компонентов рациона являются овощи. Их ценность и незаменимость заключаются в том, что в них, помимо прочего, содержатся витамины, соли, кислоты и другие вещества, улучшающие вкус пищи и ее усвояемость. Овощи оказывают значительное воздействие на деятельность нервной системы, пищеварительного тракта и органов внутренней секреции, повышают устойчивость организма к инфекционным заболеваниям [1].

Условия обеспечения населения нужным количеством овощей определяются демографической ситуацией. Это связано с различными потребностями в них разных групп (в зависимости от возраста, пола и коэффициента физической активности научно обоснованные нормы потребления овощей и бахчевых находятся в диапазоне 70–182 кг в год) и неодинаковыми условиями снабжения продовольствием города и деревни. У жителей сельской местности по сравнению с горожанами имеется больше возможностей для ведения подсобного хозяйства с целью обеспечить себя продуктами питания, особенно плодоовощной продукцией. Высокая плотность населения в городах создает предпосылки для развития инфраструктуры по снабжению их жителей продовольственными товарами на промышленной основе, круглогодичными поставками свежих овощей [1].

Основной объем овощей в Республике Беларусь производится в открытом грунте, а их выращивание во внесезонное время возможно лишь в сооружениях с различными видами укрытий – в виде теплиц. Тепличная форма защищенного грунта стала основой, где происходит создание требуемых условий для высокой продуктивности культур, особенно в зимний, ранневесенний и позднеосенний периоды. В этой связи развитие тепличного овощеводства является важной народно-хозяйственной задачей в плане обеспечения городского населения свежими овощами на круглогодичной основе.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

По поколениям теплицы делят на шесть типов. Первые два типа (укрытия, парники и др.) в настоящее время используются в секторе любительского овощеводства и мелких фермеров и представляют незначительный интерес. Практически выводят из обращения теплицы третьего поколения – типа «Антрацит» (по названию города с заводом в Луганской области). Наиболее распространенные сегодня теплицы четвертого поколения – теплицы типа «Венло». За последние 15–20 лет именно такие теплицы массово строили и продолжают строить в странах Восточной Европы [2].

Разновидностью теплиц типа «Венло» являются усовершенствованные теплицы пятого поколения, так называемые теплицы полужакрытого типа. Фирмы-производители их называют каждый по-своему – UltraClima (Kubo), ModulAir (Van der Hoeven), Eco-Greenhouse (KGP), OptimAir (Richel), SuprimAir (Certhon) и др. Такие теплицы (отдельные образцы) построены в Европе и Северной Америке, а также в России (ТК «Липецк-Агро», г. Даньков Липецкой области). В основу работы современных тепличных комплексов положены принципы интенсивного производства овощей с глубокой автоматизацией процессов выращивания. В наибольшей мере роботизированы система питания через капельное орошение, подача CO₂, режимы температуры и влажности. Высокой степени автоматизации подвергнуты подготовка субстрата, высеивание семян, выращивание рассады, зеленных культур [2].

Современный тепличный комплекс – это сложная техническая инфраструктура. Она включает металлоконструкции, светопрозрачный материал кровли и 17 инженерно-технологических систем, которые обеспечивают создание оптимальных условий для выращивания растений:

1. Система отопления.
2. Система ирригации.
3. Система досвечивания.
4. Система испарительного охлаждения.
5. Система подачи углекислого газа.
6. Система зашторивания.
7. Система вентиляции.
8. Система рециркуляции воздуха.
9. Система дежурного освещения.
10. Система электроснабжения.

11. Система освещения рассадного отделения.
12. Система сбора дренажных стоков и вторичного использования.
13. Система сбора дождевой воды.
14. Система орошения рассадного отделения.
15. Метеорологическая станция.
16. Термокамеры для проращивания семян.
17. Система управления технологическими процессами [3, с. 274].

На текущем этапе прорабатывается вопрос создания робота-манипулятора для опыления цветков и уборки плодов томата, огурца, перца и других культур. Учеными разных стран экспериментально проработаны возможности вертикальных теплиц, а также многоярусной узкостеллажной гидропоники. Проводятся теоретические исследования теплиц шестого поколения – полностью закрытых. В литературных источниках указывается, что средняя урожайность овощей в теплицах третьего поколения типа «Антроцит» составляет 40 кг/м^2 , в теплицах четвертого поколения типа «Венло» – 60, в теплицах пятого поколения (полузакрытого типа) – 110 кг/м^2 . Плотность установки растений при использовании многоярусной узкостеллажной гидропоники позволяет прогнозировать урожайность до 200 кг/м^2 [4].

Во многих лабораториях мира идет поиск применения высоких технологий в тепличном овощеводстве для оптимизации эффективности производственной системы теплиц. Среди них такие направления и тенденции, как роботизированные теплицы, нанотехнологии, интерактивная среда, сенсорные и светодиодные системы и др. Развитию вышеуказанных направлений способствует тот факт, что огромные тепличные комплексы выработали свой ресурс дальнейшего технологического и технического развития. Такая организация тепличного производства несет большие энергетические и финансовые потери и представляет серьезную проблему для экологии.

Объединение самых передовых технологий в тепличном овощеводстве возможно на основании концепции «цифровая теплица». Для обозначения понятия «цифровая теплица» различные авторы также используют термины «умная теплица» и «SMART-теплица» [5–8; 9, с. 86]. Суть всех определений, описывающих «цифровую теплицу», выражается в автономной работе на основе использования роботизации и современных цифровых технологий с минимальным участием человека для максимизации урожайности и минимизации затрат. При этом некоторые авторы дополнительно указывают на полную изоляцию от окружающей среды [5, 7].

Для «цифровых теплиц» основными являются такие технологии, как роботизация, светодиодные светильники и вертикальные фермы. Вертикальные фермы условно можно разделить на гидропонные и почвенные, которые в своей основе используют многоярусную узкостеллажную гидропонику и многоярусную фитоустановку. Рассмотрим более подробно возможности применения таких технологий в тепличном овощеводстве.

Появление высокоэффективных светодиодных светильников способствовало активному развитию систем искусственного выращивания растений по

технологии полной светокультуры. Светодиод в отличие от традиционных источников оптического излучения легко управляется не только по интенсивности излучения, но и по спектральному составу. Появление более дешевых и мощных микропроцессоров и, как следствие, удешевление вычислительных мощностей также способствовало развитию направления полной светокультуры. Таким образом, сегодня имеется возможность создавать недорогие умные системы освещения [10].

Благодаря эволюции светодиодных ламп стало возможным выращивать растения, размещая их ярусами. Так появились вертикальные фермы самой разной направленности. Вертикальная ферма – это многоярусная теплица, которую можно разместить в любом закрытом помещении. А главное отличие такой фермы от обычной теплицы – в ней не используется солнечный свет, нет поступления внешнего воздуха, а воды используется меньше на 95 % [11].

Традиционные технологии выращивания растений предполагают формирование растений по одностебельной схеме на шпалерах высотой 4,5–5,0 м. При этом активная плодоносящая зона растения составляет 40–50 см, а дальше происходит смена репродуктивных ярусов растения по мере роста вверх. На смену такой технологии приходит многоярусная узкостеллажная гидропоника, урожайность в которой в два раза больше. Размещение многоярусной узкостеллажной гидропоники в традиционных теплицах сталкивается с теми же проблемами неэффективного использования площади и объема, что и стандартная технология [12].

В большинстве случаев развитие вертикальных теплиц идет двумя параллельными путями: агротехнологическим и архитектурным, и при этом почти не осуществляются попытки комплексного использования двух способов. Агротехнологический путь развития вертикальных теплиц предполагает использование многоярусной узкостеллажной гидропоники, а архитектурный – многоэтажной конструкции такой теплицы. Многоэтажность отвечает и требованиям зонирования технологических помещений, так как есть возможность создания относительно изолированного этажа под каждое отделение: сеянцев, рассадное и нескольких овощных. Выделение в ходе зонирования под определенную культуру изолированного этажа упрощает процессы автоматического поддержания в каждой зоне собственных фитоклиматических параметров. Перспективным решением является совмещение вертикальной теплицы с торгово-офисным или жилым зданием. В этом случае теплота и углекислота, присутствующие в сбрасываемых воздушных потоках через вытяжную вентиляцию в атмосферу, перенаправляются в помещение теплицы и позволяют экономить энергоресурсы, затрачиваемые на обогрев и получение углекислого газа на подкормку растений. Комплексное использование агротехнологической и архитектурной вертикальности позволяет размещать выращивание растений в помещениях высотой, соответствующей высоте этажей в большинстве типовых жилых зданий, и отвечает принципу их полной конструктивной сочетаемости [12].

Одновременно с применением новых технологий проявились некоторые побочные эффекты. Умные системы освещения для светокультуры нашли широкое применение в вертикальных фермах на основе многоярусных фитоустановок. Такие установки применяются в закрытых помещениях и позволяют более эффективно использовать объем помещения, повышая в разы площадь выращивания растений, что влечет за собой увеличение суммарной мощности установленных фитооблучателей. Несмотря на высокую энергоэффективность светодиодов, около 50 % энергии преобразуется в оптическое излучение и столько же переходит в тепло. При резком включении и выключении светодиодных облучателей в светокультуре происходит резкое снижение и повышение влажности, что приводит к дополнительному стрессу растений. Также высокая влажность способствует развитию болезней. Даже самые мощные климатически установки не могут справиться с такими перепадами температуры и влажности. Решение было найдено путем применения технологии, повторяющей естественные циклы рассвета и заката – синхронизация систем управления мощностью фитосветильников и климатической установки. Таким образом достигается максимальное сглаживание перепадов климата при межфазовых переходах [10].

В тепличных хозяйствах остро стоит вопрос профилактики болезней растений, в том числе ограничения попадания бактерий и спор, переносимых человеком. Требуется строгое соблюдение фитосанитарных норм в процессе вегетации, снижающее количество вторичной инфекции, передающейся на рабочем инструменте, тележках, руках, одежде. Вышеописанная проблема в совокупности со значительным снижением в последние годы стоимости электронных компонентов, распространенностью бесплатного программного обеспечения и средств разработки, увеличением вычислительных мощностей и созданием легких аккумуляторов большой емкости позволяют рассматривать альтернативой ручному труду использование сельскохозяйственных роботов. В роботизированной теплице полное управление может выполняться одним оператором [13].

Внедрение роботов, средств механизации и автоматизации выращивания растений требует изменения конструкций. Необходимо решить вопрос с приводом приводов для обработки земли, систем полива растений без участия человека, управления освещением и микроклиматом. Анализ показал, что все виды имеющихся теплиц не рассчитаны на использование средств механизации и автоматизации технологических процессов выращивания растений. Поставленные задачи требуют изменения самих конструкций теплиц. Они должны быть удобными для размещения и обслуживания роботов, средств механизации и автоматизации, предполагающих создание микроклимата, и максимальную механизацию при посеве семян и сборе урожая. Второй особенностью новых комплексов должен быть удаленный доступ по отношению к возможности управления отдельными узлами «умной теплицы», что уже реализовано, когда в качестве пульта управления используется сотовый телефон [14].

Наиболее перспективным с точки зрения применения технологий «цифровая теплица» является производство микрозелени. Микрозелень (Microgreens) – это новый класс съедобных специализированных растений, определяемых как нежная незрелая зелень, произведенная из семян овощей, трав или зерновых культур, включая дикие виды. Ее обычно собирают на уровне почвы, то есть у основания гипокотилей, после появления первой пары настоящих листьев, когда семядоли полностью расширены (обычно в течение 7–21 дней после прорастания семян, в зависимости от вида и условий выращивания). Выращивание микрозелени происходит в специальных многоярусных установках как в промышленных, так и в бытовых условиях. На рынке уже представлено несколько моделей бытовых приборов – шкафов для этой цели. Например, стоимость одной из них – ANROtech на рынке России составляет 215 тыс. руб. (почти 3 тыс. долл. США). В Институте овощеводства также проводятся научные исследования по данному направлению: изучаются виды субстратов, способы обеззараживания семян, источники освещения, видовой и сортовой потенциал растений семейства бобовых, капусты и других культур как источников микрозелени [1].

В разработках зарубежных исследователей большое внимание уделяется вопросам применения интеллектуальных систем, технологии интернета вещей (IoT) и облачных данных для точного управления энергопотреблением [9, с. 89]. В России также ведутся разработки программного обеспечения на основе облачных технологий. Результатом таких разработок является цифровая модель растения, то есть многофакторная математическая модель, позволяющая в различных комбинациях и режимах достигать максимальной продуктивности. При этом основная задача – получить максимальную урожайность при минимуме затрат энергоресурсов [10].

В результате цифровизации тепличного комплекса происходит его коренное преобразование, заключающееся в изменении технологического уклада, производственных цепочек, системы управления производством и т. д. Тепличные хозяйства являются наиболее перспективными для перехода на автоматизированное и роботизированное производство. Уже сейчас за рубежом в «цифровых теплицах» работают роботы, собирающие урожай, высеивающие семена, удаляющие сорняки, а климат обеспечивается автоматизированными системами управления [15].

Существенное удешевление электронных компонентов позволяет значительно расширить возможности применения «цифровых теплиц». Теоретически и практически прорабатываются возможности применения «цифровых теплиц» для любительского овощеводства – приусадебных хозяйств граждан, дачных участков, малых фермеров. Для снижения стоимости предлагается использовать модульный принцип – каждый модуль является системой контроля одного из параметров со своим блоком управления, датчиками и исполнительными устройствами. Набор из нескольких модулей позволяет выстраивать систему с контролем по требуемым параметрам [16].

Также прорабатываются возможности создания комнатной «цифровой теплицы» – бытового прибора на основании концепции многоярусной фитоустановки. Такое устройство размером с холодильник позволит автоматически выращивать невысокие растения – зеленные овощи с циклом 2–3 недели. Может применяться технология гидропоники или выращивание на обычной почве [17, с. 50].

Для дистанционного отслеживания данных о состоянии микроклимата и внесения корректировок в программы контроля всеми процессами предлагается использовать специальное программное решение с применением интернета вещей (IoT), которое будет доступным для всех пользователей, обладать низкой стоимостью и легкостью в управлении для пользователей смартфонов и ПК [8].

В Беларуси наработки по направлению «цифровая теплица» имеют точечный, ограниченный характер. В Институте природопользования НАН Беларуси разработаны и изучаются субстраты, комплексные органоминеральные удобрения и другие продукты на основе торфа, в Институте физико-органической химии созданы ионитные субстраты для выращивания растений, микроэлементное удобрение на основе наночастиц, в ЦСОТ НАН Беларуси – светодиодные светильники для работы в условиях теплицы, в Институте микробиологии НАН Беларуси – биопестициды, биоудобрения, в Институте овощеводства – сорта овощных культур для выращивания как в открытом грунте, так и в условиях искусственного регулирования микроклимата [1].

Выращивание овощных культур с использованием высоких технологий требует комплексного подхода, который включает подбор сортов, субстрата, оптимизацию технологических параметров, роботизацию процессов подготовки субстрата, посева семян, регулирования микроклимата и обеспечения питания растений, уборки урожая. Глубокое изучение фундаментальных вопросов создания роботизированных теплиц может быть проведено на основе кооперации различных организаций НАН Беларуси в рамках финансирования и реализации комплексной программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отдельные технологии, характерные для «цифровых теплиц», все активнее используются в современных теплицах. Это позволит в некоторой степени получать определенные преимущества по сравнению с традиционным выращиванием тепличной продукции. Вместе с тем комплексное использование таких технологий на научной основе при производстве овощей в полностью контролируемых условиях позволит перейти на новый технологический уклад и существенно повысить эффективность производства овощной продукции. Строительство «цифровых теплиц» в городской среде обеспечит развитие инфраструктуры по снабжению жителей свежей овощной продукцией равномерно в течение года.

Список использованных источников

1. Чайковский, А. И. Основные тренды обеспечения населения овощной продукцией / А. И. Чайковский // Наука и инновации. – 2021. – № 3 (217). – С. 51–56.

2. Технологические и конструктивные особенности современных стеклянных теплиц / А. И. Чайковский [и др.] // Овощеводство : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства. – Минск, 2017. – Т. 25. – С. 161–172.
3. Аутко, А. А. Технологии возделывания овощных, бахчевых культур, картофеля, пряно-ароматических и лекарственных растений / А. А. Аутко [и др.] ; под общ. ред. А. А. Аутко // Нац. акад. наук Беларуси, Отделение аграр. наук, М-во с. х. и прод., Гродненский гос. аграр. ун-т. – 2-е изд. – Минск : Беларус. навука. – 2022. – 614 с.
4. Ключевые факторы повышения эффективности защищенного грунта при использовании полужакрытых теплиц пятого поколения / А. И. Чайковский [и др.] // Овощеводство : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т овощеводства. – Минск, 2021. – Т. 29. – С. 242–249.
5. Бондарев, Н. С. Цифровое управление тепличным овощеводством / Н. С. Бондарев, Г. С. Бондарева // Инновационная деятельность. – 2020. – № 2 (53). – С. 26–33.
6. Долговых, Д. Н. «Умное» растениеводство / Д. Н. Долговых, Д. В. Ерёмкина // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: сб. материалов LV Студенческой науч.-практ. конф. – 2021. – С. 432–437.
7. Обухов, П. С. О необходимости разработки системы автоматизированного контроля параметров smart-теплицы на сегодняшний день / П. С. Обухов, В. В. Демченко // European Journal of Natural History. – 2021. – № 2. – С. 83–87.
8. Прокофьев, О. В. Автоматизация работы теплицы с использованием технологии internet of things / О. В. Прокофьев, М. Б. Хоммадова, Р. А. Абдуллаев // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием / С.-Петербург. политех. ун-т Петра Великого. – 2019. – С. 53–56.
9. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех». – 2019. – 316 с.
10. Терехов, В. Г. «Виртуальный агроном» – передовые IT технологии идут на помощь тепличным комплексам / В. Г. Терехов, В. Г. Король // Теплицы России : журн. для специалистов защищенного грунта. Республиканская производственно-научная ассоциация «Теплицы России». – 2022. – № 1. – С. 22–25.
11. Хапчаев, А. А. Вертикальные фермы / А. А. Хапчаев // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности: XII Междунар. конф. и X Междунар. конкурс научных и науч.-метод. работ : сб. тр. / отв. ред. и сост. Т. В. Пирязева, В. В. Серов. – М. : Изд-во «Спутник+», 2019. – С. 65–67.
12. Прудцких, Н. В. Вертикальные теплицы: переход к концепции модульности / Н. В. Прудцких // Автоматизация, мехатроника, информационные технологии : материалы VIII Междунар. науч.-техн. интернет-конференции молодых ученых / отв. ред. В. Г. Хомченко. – 2018. – С. 32–35.

13. Концепция роботизированного тепличного комплекса для выращивания томатов с одним оператором / А. В. Рыбаков [и др.] // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2021. – № 1 (53). – С. 116–126.

14. Роганова, Э. В. К задаче создания роботизированных комплексов «умная теплица» / Э. В. Роганова, К. А. Епифанова, Н. В. Есимова // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. ст. – 2018. – Т. 1. – С. 293–296.

15. Концептуальные основы управления «умными» теплицами / С. А. Шелковников [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 1 (102). – С. 720–723.

16. Бичурин, С. В. Модульные системы автоматизации для малых теплиц / С. В. Бичурин // XXIII Туполевские чтения (школа молодых ученых). Междунар. молодежная науч. конф.: материалы конференции. Сб. докл.: в 4-х т. – 2017. – Т. 3. – С. 644–646.

17. Журавлева, Л. А. «Сити-фермерство» как перспективное направление развития агропроизводства / Л. А. Журавлева ; М-во науки и высш. образования Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. образования «Московский политехнический университет». – М. : РУСАЙНС, 2023. – 159 с.

Поступила в редакцию 16 ноября 2022 г.

A. I. Chaykovskiy

«DIGITAL GREENHOUSE»: CORE TECHNOLOGIES TO INCREASE VEGETABLE GROWING EFFICIENCY UNDER CONTROLLED CONDITIONS

SUMMARY

The crucial technologies used in «digital greenhouses» have been studied. Theoretical and practical data on the peculiarities of the high technologies use in the cultivation of vegetable products under controlled conditions are summarized.

Key words: «digital greenhouse»; «smart greenhouse»; vertical greenhouse; robotization; multilayered narrow-shelf hydroponics; multilayered plant mounting; LED lights.

Научное издание

ОВОЩЕВОДСТВО

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
ТОМ 30

Основан в 1971 году

Ответственный за выпуск М. М. Стомова

Подписано в печать 13.12.2022. Формат 70×100 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 20.48. Уч.-изд. л. 18.53. Тираж 100 экз. Заказ 31.

Издатель: РУП «Институт овощеводства».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/363 от 13 июня 2014 г.

Ул. Ковалева, 2, 223013, п. Самохваловичи, Минский р-н,

Минская обл., Республика Беларусь.

Тел.: +375 17 223-37-23, тел/факс: +375 17 506-61-08. E-mail: belniio@mail.ru.

Полиграфическое исполнение: Государственное предприятие
«Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси».

Ул. Казинца, 103, 220108, Минск.