

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 NaKMЦ 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 NaKMЦ, тогда как наименьшее – использование минимальной дозы стимулятора, особенно на фоне обработок NaKMЦ.

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 Лявониha 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>	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<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. : Стандартиформ, 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.