

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 высева 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 высева, оказавшимся, напротив, наиболее оптимальным для гибрида 15/02, обусловившим наибольший выход в его продукции растворимых сахаров.

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

ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что агротехнические приемы, в том числе сроки высева 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 высева семян разных сортов дайкона с учетом их индивидуальной реакции на разные сроки высева 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

56 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	
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	<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>
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 сортообразцов 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 сортообразцов 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 сортообразцов, 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 сортообразцов 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 высева 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, свидетельствующее об увеличении сладости их продукции. Однако при более позднем сроке высева семян у сортов Всесезонный и Мантангонг наблюдалась уже противоположная картина, свидетельствующая 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 высева 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 высева 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 высева 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 высева 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 высева 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 высева 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
	Мангангонг	+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
	Мангангонг	+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
Мангангонг	-	+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.