

- най академіі навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2006. – № 2. – С. 5–12.
5. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] / РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – С. 24.
  6. Никончик, П. И. Роль полевых культур и рациональной структуры посевов в пополнении органического вещества почвы за счет корневых и пожнивных остатков растений в земледелии Республики Беларусь / П. И. Никончик // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 47. – С. 3–5.
  7. Разлукина, М. Л. Промежуточные культуры в интенсивном овощеводстве / М. Л. Разлукина, В. А. Борисов, Н. Г. Журавлев / Картофель и овощи. – 1984. – № 1. – С. 21–23.
  8. Рассохина, В. В. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы при применении разных форм азотных удобрений и сидератов / В. В. Рассохина // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 27–29 мая 2003 г.: в 3 ч. Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А.Р. Цыганов (гл. ред.) [и др.]. – Горки, 2003. – Ч. 1. – С. 134–135.
  9. Фролова, В. Б. Сидераты под лук / В. Б. Фролова [и др.] // Картофель и овощи – 1989. – № 1. – С. 24–26.
  10. Цытрон, Г. С. К вопросу новой кадастровой оценки земель Беларуси / Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства / Г. С. Цытрон, Л. И. Шибут // Межд. науч.-практ. конф. и IV съезд почвоведов. – Минск, 2010. – Ч. 1. – С. 186–188.
  11. Чеботарев, Н. Т. Влияние удобрений и севооборота на плодородие и продуктивность среднетаежных почв Евро-северо-востока / Н. Т. Чеботарев // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 8 (62). – С. 66–68.
  12. Шлапунов, В. Н. Полевое кормопроизводство / В. Н. Шлапунов [и др.]. – Минск: Ураджай, 1985. – 184 с.

УДК 634.739.3:736(476)

## Влияние источников искусственного освещения на содержание органических кислот и углеводов в ассимилирующих и генеративных органах растений томата

Ж. А. Рупасова<sup>1</sup>, доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, В. С. Задаля<sup>1</sup>, научный сотрудник, К. А. Добрянская<sup>1</sup>, младший научный сотрудник, Д. О. Сулим<sup>1</sup>, младший научный сотрудник, М. А. Долбик<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук  
<sup>1</sup>ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» <sup>2</sup>ОАО «Тепличный комбинат «Берестье»

(Дата поступления статьи в редакцию журнала 21.06.2023)

Приведены результаты сравнительного исследования в производственном эксперименте влияния натриевого светильника ДНАТ мощностью 600 Вт, а также светодиодов марок Арлайт и Эвиар мощностью 112 Вт и 127 Вт соответственно на содержание сухих веществ, свободных органических, аскорбиновой и гидроксицикоричных кислот, растворимых сахаров, пектиновых веществ и показатель сахарокислотного индекса в листовой ткани и плодах растений томата (сорт Фанто). Установлена неприемлемость использования натриевого светильника ДНАТ в целях обогащения потребляемой продукции томата комплексом обозначенных соединений, тогда как наиболее благоприятные условия выявлены на фоне применения светодиодных светильников предпочтительно марки Арлайт.

### Введение

Совершенствование технологии производства овощной продукции в условиях защищенного грунта, направленное на повышение урожайности и улучшение ее качественных показателей, предусматривает применение в этих целях искусственного освещения. В мировой практике овощеводства широкое распространение получили светодиодные светильники, обладающие рядом преимуществ перед традиционными источниками света – лампами накаливания в силу своей экономичности и возможности регулирования спектрального состава и интенсивности светового потока в соответствии с физиологическими потребностями культивируемых растений. Вместе с тем, при подборе оптимального для той или иной культуры источника дополнительного освещения представляется необхо-

*The paper states the results of the comparative study carried out in a production experiment of the effect of a 600 W High Pressure Sodium Lamp, as well as 112 W Arlight and 127 W Eviyar LEDs on the content of solids, free organic, ascorbic and hydroxycinnamic acids, soluble sugars, pectin substances and sugar-acid index in leaf tissue and fruits of tomato plants (variety Fanto). It's established that using a sodium lamp is unacceptable for enriching the consumed tomato products with a complex of indicated compounds. The most favorable conditions are identified with the use of Arlight LED lamps.*

димым проведение сравнительных исследований по оценке влияния нескольких видов светильников не только на продукционные, но и качественные показатели производимой продукции.

В настоящее время весьма актуальным при выращивании томата в защищенном грунте Открытого акционерного общества «Тепличный комбинат «Берестье» является выявление из трех вариантов досветки – с использованием натриевого светильника ДНАТ и двух марок светодиодов отечественного производства Арлайт и Эвиар источника освещения, обеспечивающего максимальную урожайность плодов при хороших вкусовых свойствах и наиболее высоком содержании в них полезных веществ, в том числе ряда органических кислот и углеводов.

Цель исследований – выявление в производственном эксперименте с растениями томата источника ис-

кусственного освещения, обеспечивающего наиболее высокое содержание в ассимилирующих и генеративных органах свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, а также растворимых сахаров и пектиновых веществ.

### Методика и объекты исследований

Исследования выполнены в рамках производственного эксперимента с 4-вариантной схемой: 1 – контроль (естественное освещение); 2 – использование натриевого светильника ДНАТ мощностью 600 Вт; 3 – использование светодиода марки Арлайт мощностью 112 Вт; 4 – использование светодиода марки Эвиар мощностью 127 Вт. В свежих усредненных пробах растительного материала определяли содержание сухих веществ по ГОСТ 31640-2012 [1]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [2]; свободных органических (титруемых) кислот (общей кислотности) – объемным методом [2]. В высушенных при температуре 60 °С пробах определяли содержание гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [3]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [4]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [2]. 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 [5] с использованием программы *Microsoft Office Excel 2007*.

### Результаты исследований и их обсуждение

Исследование в рамках эксперимента параметров накопления обозначенных выше органических соединений в ассимилирующих органах растений показало, что содержание в них сухих веществ варьировало в диапазоне 12,2–18,6 % при изменении содержания в сухой массе свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот в пределах 1,44–2,19 %, 333,0–430,5 мг/100 г и 1037,3–1175,4 мг/100 г соответственно, растворимых сахаров – от 2,6 до 3,5 % при соответствующих межвариантных различиях сахарокислотного индекса, определяемого соотношением количеств растворимых сахаров и титруемых кислот и варьировавшего в интервале 1,4–1,9. При этом параметры накопления в сухой массе листьев пектиновых веществ изменялись в диапазоне 4,41–7,66 %.

Плоды томата характеризовались меньшим, чем ассимилирующие органы, содержанием сухих веществ, составлявшем 4,4–5,4 % при значительно большем количестве титруемых кислот, варьировавшем в диапазоне 9,6–13,6 %, и в несколько раз меньшем количестве гидроксикоричных кислот, изменявшемся от 228,7 до 382,5 мг/100 г, но при этом довольно близком содержании аскорбиновой кислоты, составлявшем 269,8–409,8 мг/100 г сухой массы. Содержание растворимых сахаров в плодах томата, составлявшее 14,0–23,3 %, в 5–8 раз превышало таковое в листовой ткани, а показатель сахарокислотного индекса варьировал в интервале 1,4–2,4. При этом параметры накопления пектиновых веществ в сухой массе плодов в 2–4 раза уступали таковым в листовой ткани и составляли 2,05–2,73 %.

Значительная ширина приведенных диапазонов варьирования обозначенных признаков свидетельствовала об их существенной зависимости от условий освещения. Вместе с тем, влияние данного фактора на биохимические характеристики листьев и плодов томата оказалось весьма неоднозначным и даже противоположным по знаку (таблица). При этом в ряде случаев прослеживалась явная общность тенденций в ориентации расхождений тестируемых вариантов опыта с контролем в содержании анализируемых соединений на фоне заметных межвариантных различий степени их проявления. Так, независимо от источника искусственного освещения, в ассимилирующих органах растений имело место снижение на 17–34 % по сравнению с контролем (естественное освещение) содержания сухих веществ, наиболее значительное при использовании светодиодов марки *Эвиар*, обусловившем снижение их содержания также и в плодах томата на 6 %. При этом в вариантах опыта с применением натриевого светильника *ДНАТ* и светодиодов марки *Арлайт*, напротив, наблюдалось усиление накопления в них сухих веществ на 14 и 8 % соответственно.

Обращает на себя внимание то, что на фоне изучаемых вариантов освещения в ассимилирующих и генеративных органах растений были выявлены противоположные по знаку изменения в содержании титруемых кислот. Так, если для листовой ткани было показано усиление их накопления на 20–52 % относительно контроля, наибольшее при использовании светодиодов марки *Эвиар*, то в плодах наблюдалась обратная картина – снижение содержания на 13–29 %, наименьшее опять-таки на фоне применения светильников этой марки.

Вместе с тем, только освещение растений светодиодами марки *Эвиар* способствовало обогащению листовой ткани аскорбиновой кислотой, тогда как при использовании светодиодов марки *Арлайт* и натриевого светильника имело место достоверное снижение ее содержания соответственно на 3 и 12 % по сравнению с контролем. При этом на фоне всех источников искусственного освещения выявлено обогащение плодов томата аскорбиновой кислотой на 4–52 %, наибольшее также при использовании светодиодов марки *Эвиар* и наименьшее при применении натриевого светильника (см. таблица 1).

Что касается гидроксикоричных кислот, то наиболее сильное влияние изучаемых источников искусственного освещения на их содержание выявлено в генеративных органах растений. При этом во всех тестируемых вариантах опыта обнаружено его снижение на 23–40 % относительно контроля, однако наименьшим оно было опять-таки на фоне светодиодов марки *Эвиар*, не оказавших, в свою очередь, значимого влияния на накопление данных соединений в ассимилирующих органах. Различия с контролем остальных тестируемых вариантов опыта по содержанию в листовой ткани гидроксикоричных кислот оказались весьма незначительными – в пределах 5–7 % и противоположными по знаку – отрицательными – при использовании натриевого светильника и положительными – при использовании светодиода марки *Арлайт*.

Вместе с тем, в ассимилирующих органах растений на фоне применения натриевого светильника не обнаружено значимых различий с контролем в содержании

растворимых сахаров, тогда как использование обоих светодиодов, особенно марки *Эвиар*, обусловило его увеличение на 7–30 %. При этом в плодах томата активизация их накопления на 21 % обнаружена лишь при использовании светодиода марки *Арлайт*, тогда как на фоне освещения растений светодиодом марки *Эвиар* значимых различий с контролем выявить не удалось, а применение натриевого светильника *ДНАТ* способствовало весьма значительному обеднению продукции томата растворимыми сахарами, достигавшему 28 % (см. таблица).

Выявленные межвариантные различия в содержании растворимых сахаров и титруемых кислот заметно отразились на соотношении их количеств, характеризующем сахарокислотный индекс исследуемых частей растений. Так, если при использовании светильника *ДНАТ* и светодиода марки *Эвиар* в ассимилирующих органах наблюдалось весьма значительное его снижение, составлявшее 26 и 16 % соответственно, и только в варианте опыта с освещением светодиодом марки *Арлайт* не обнаружено достоверных различий с контролем по данному признаку, то в генеративных органах отсутствие различий с ним установлено лишь при использовании натриевого светильника, а в обоих вариантах со светодиодным освещением имело место весьма значительное увеличение данного показателя на 14 и 71 %, наибольшее при использовании светильников марки *Арлайт*, и свидетельствовало о повышении сладости продукции.

Что касается пектиновых веществ, то применение натриевого светильника ингибировало их накопление и в ассимилирующих, и в генеративных органах опытных растений, что подтверждалось снижением содержания данных соединений соответственно на 30 и 16 % относительно контроля (см. таблица). В варианте опыта с использованием светодиода марки *Арлайт*, напротив, отмечена активизация биосинтеза пектинов в этих частях растений на 22 и 11 %, тогда как при освещении светильником марки *Эвиар* аналогичный эффект обнаружен лишь в плодах томата, а в листовой ткани наблюдалось хотя и незначительное (в пределах 7 %), но все же достоверное снижение их содержания.

Необходимо отметить, что столь выразительные межвариантные различия в содержании изучаемых соединений в ассимилирующих и генеративных органах опытных растений свидетельствовали о существенном влиянии на темпы их биосинтеза не только условий освещения, но и метаболических процессов, протекающих в данных частях растений. С целью выявления источников света, обеспечивших в эксперименте наибольший позитивный эффект для всего спектра обозначенных биохимических показателей, для каждого тестируемого варианта опыта были определены суммарные значения относительных размеров положительных и отрицательных различий с контролем по данному признаку.

Как следует из таблицы, среди изучаемых источников искусственного освещения только светодиодные светильники обеспечивали достижение позитив-

**Таблица 1 — Относительные различия тестируемых вариантов опыта с контролем по биохимическим характеристикам ассимилирующих и генеративных органов растений томата, %**

Показатель	2 – ДНАТ	3 – Арлайт	4 – Эвиар
<b>Ассимилирующие органы</b>			
Сухие вещества	–17,0	–19,9	–34,1
Свободные органические кислоты	+31,3	+20,1	+52,1
Аскорбиновая кислота	–12,3	–2,8	+13,4
Гидроксикоричные кислоты	–5,4	+7,2	–
Растворимые сахара	–	+7,4	+29,6
Сахарокислотный индекс	–26,3	–	–15,8
Пектиновые вещества	–29,8	+22,0	–7,0
Совокупный эффект	–59,5	+34,0	+38,2
<b>Генеративные органы</b>			
Сухие вещества	+14,1	+7,7	–5,5
Свободные органические кислоты	–25,4	–29,1	–12,7
Аскорбиновая кислота	+3,8	+20,3	+51,9
Гидроксикоричные кислоты	–36,1	–40,2	–22,7
Растворимые сахара	–27,5	+20,7	–
Сахарокислотный индекс	–	+71,4	+14,3
Пектиновые вещества	–16,3	+10,6	+11,4
Совокупный эффект	–87,4	+61,4	+36,7

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

ного интегрального эффекта в плане обогащения и ассимилирующих, и генеративных органов растений органическими кислотами и углеводами. При этом результирующий показатель для плодов томата на фоне применения светодиодов марки *Арлайт* оказался в 1,7 раза выше такового при использовании светильников марки *Эвиар*, тогда как для листьев показана противоположная по знаку и менее контрастная картина с размером подобного превышения лишь в 1,1 раза. Что касается натриевого светильника *ДНАТ*, то его влияние на обозначенный спектр биохимических характеристик изучаемых частей растений оказалось отрицательным, причем в отношении плодов оно проявилось в 1,5 раза более выразительно, чем в отношении листьев. Это однозначно свидетельствует о неприемлемости использования данного источника искусственного освещения в целях обогащения потребляемой продукции томата органическими кислотами и углеводами, тогда как наиболее благоприятные условия в этом плане выявлены на фоне применения светодиодных светильников предпочтительно марки *Арлайт*.

## Выводы

1. В результате сравнительного исследования в производственном эксперименте влияния натриевого светильника *ДНАТ* мощностью 600 Вт, а также светодиодов марок *Арлайт* и *Эвиар* мощностью 112 Вт и 127 Вт соответственно на содержание сухих веществ, свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, пектиновых веществ и показатель сахарокислотного индекса в листовой ткани и плодах растений томата (сорт *Фанто*) установлено, что степень данного влияния определялась источником искусственного освещения и химической природой органических соединений.

2. Экспериментально обоснована неприемлемость использования натриевого светильника ДНАТ в целях обогащения потребляемой продукции томата комплексом обозначенных соединений, тогда как наиболее благоприятные условия в этом плане выявлены на фоне применения светодиодных светильников, предпочтительно марки Арлайт.

### Литература

1. Корма. Методы определения содержания сухого вещества: ГОСТ 31640-2012. – Введ. 01.07.2013. – Москва: 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. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники : дис. канд. фармацевт. наук: 15.00.02 / Н. Г. Марсов. – Пермь, 2006. – С. 99–101.
4. Большой практикум «Биохимия» Лабораторные работы: учеб. пособие. / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012. – 148 с.
5. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Д. Мятлев [и др.]. – М.: Академия, 2009. – 320 с.

УДК 634.737:581.4

## Сортовые особенности габитуса растений голубики в условиях белорусского полесья

О. В. Дрозд, научный сотрудник  
Центральный ботанический сад НАН Беларуси

(Дата поступления статьи в редакцию 18.05.2023)

На основании результатов многолетних стационарных наблюдений приведены биометрические параметры надземной части растений на основных этапах онтогенеза 15 сортов голубики высокорослой и 1 сорта голубики низкорослой, интродуцированных в Беларуси. Показано как общее описание строения надземной части генеративных растений голубики, так и сортовые особенности их архитектоники. Генетически детерминированные биометрические параметры растений в условиях пункта интродукции реализуются в полной мере у большинства сортов голубики высокорослой к 15-летнему возрасту, лишь у сортов голубики Nui, Puri, Bonus и Toro в новых условиях отмечается слабая сила роста. Растения голубики низкорослой сорта Putte в условиях Белорусского Полесья превосходят по высоте показатели, характерные для них в условиях родины. Средняя высота растений голубики высокорослой в зависимости от сорта к 15-летнему возрасту составила 1,20–1,75 м при диаметре кроны 1,07–1,67 м, голубики низкорослой – 0,94 × 1,20 м.

*Based on the results of long-term stationary observations biometric parameters of aerial parts of plants at the main stages of ontogenesis of 15 cultivars of highbush blueberry and 1 cultivar of lowbush blueberry introduced in Belarus are presented. Both the general description of the structure of the aerial part of generative blueberry plants and cultivar features of their architectonics are shown. Genetically determined biometric parameters in most cultivars of highbush blueberries are fully implemented by the age of 15 under the conditions of the point of introduction; only the cultivars Nui, Puri, Bonus and Toro have a weak growth force under new conditions. Under the conditions of the Belarusian Polesie plants of lowbush blueberry Putte are superior in height to the characteristics typical of them under the conditions of their homeland. The average height of highbush blueberry plants, depending on the cultivar; by the age of 15 was 1.20–1.75 m with a crown diameter of 1.07–1.67 m, lowbush blueberry – 0.94 × 1.20 m.*

### Введение

Голубика высокорослая (*Vaccinium corymbosum* L.) – новая ягодная культура, интродуцированная в Беларусь из Североамериканского континента. Реализация биопотенциала растений связана с решением проблемы их адаптации, определяемой непрерывным процессом приспособления к меняющимся условиям среды [1]. Одним из основополагающих критериев оценки успешности адаптации интродуцированных растений в новом районе является сохранение присущих им морфологических признаков, вследствие чего важнейшая задача при оценке их адаптационного потенциала – определение степени влияния погодноклиматических условий пункта интродукции на внешний вид растений (биоморфу, габитус). Сохранение присущей растениям жизненной формы, а также сортовых параметров надземной части при перемещении в новый район является морфологическим проявлением их

адаптации к воздействию экологических условий пункта интродукции [2]. Детальное морфологическое описание интродуцированных растений голубики также необходимо для выявления сортовых особенностей с целью их идентификации, использования в селекции, определения схемы посадки и особенностей проведения формирующей обрезки.

*Цель исследования* – выполнить сравнительную оценку биометрических параметров надземной части растений интродуцированных сортов голубики высокорослой и низкорослой на разных стадиях онтогенеза в условиях Белорусского Полесья.

### Методика и объекты исследований

Исследования выполняли в течение 2008–2021 гг. в коллекционных насаждениях отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Бе-