

УДК 634.737:581.5:581.522.4(476)

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ УГЛЕВОДОВ В ПЛОДАХ ГОЛУБИКИ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМОМ УЧАСТКЕ ТОРФЯНОЙ ВЫРАБОТКИ НА СЕВЕРЕ БЕЛАРУСИ

Ж. А. РУПАСОВА¹⁾, А. П. ЯКОВЛЕВ¹⁾, Н. Б. КРИНИЦКАЯ¹⁾, А. А. ЯРОШУК¹⁾, И. В. САВОСЬКО¹⁾,
Л. В. ГОНЧАРОВА¹⁾, З. М. АЛЕЩЕНКОВА²⁾, Э. И. КОЛОМИЕЦ²⁾

¹⁾Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,
ул. Сурганова, 2в, 220012, Минск, Беларусь

²⁾Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, ул. Купревича, 2, 220141, Минск, Беларусь

Приведены результаты сравнительного исследования в опытной культуре на рекультивируемом участке торфяной выработки углеводного состава плодов *V. angustifolium* и межвидовых гибридов *Northcountry* и *Northblue* на фоне внесения полного минерального ($N_{16}P_{16}K_{16}$) и ряда микробных удобрений – жидкого препарата МаКлор в концентрациях 10 и 50 %, жидкого и сухого препарата АгроМик, а также жидкого препарата Бактопин при дифференцированном и совместном применении.

Установлено, что внесение микробных и минеральных удобрений в основном способствовало обогащению плодов голубики на 4–20 %, по сравнению с контролем, растворимыми сахарами и увеличению их сахарокислотного индекса на 44–142 %, а также. Независимо от генотипа растений голубики, наиболее выраженное позитивное влияние на содержание в плодах растворимых сахаров и их вкусовые свойства оказало внесение жидкого препарата АгроМик и полного минерального удобрения.

Образец цитирования:

Рупасова Ж. А., Яковлев А. П., Н. Б. Криницкая, Ярошук А. А., Савосько И. В., Гончарова Л. В., Алещенкова З. М., Коломиец Э. И. Влияние удобрений на накопление углеводов в плодах голубики на рекультивируемом участке торфяной выработки на севере Беларуси // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2018. № 2. С. 118–123.

For citation:

Rupasova Z. A., Yakovlev A. P., Krinitskaya N. B., Yaroshuk A. A., Savosko I. V., Goncharova L. V., Aleschenkova Z. M., Kolomiets E. I. Impact of fertilizations on accumulation of carbohydrates in blueberry fruits on recultivated cutover peatlands in the north of Belarus. *J. Belarus. State Univ. Ecol.* 2018. No. 2. P. 118–123 (in Russ.).

Авторы:

Жанна Александровна Рупасова – доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси; заведующий лабораторией химии растений.

Александр Павлович Яковлев – кандидат биологических наук, доцент; заведующий лабораторией экологической физиологии растений.

Наталья Болеславовна Криницкая – научный сотрудник лаборатории химии растений.

Андрей Андреевич Ярошук – младший научный сотрудник, аспирант лаборатории химии растений.

Ирина Валерьевна Савосько – младший научный сотрудник лаборатории химии растений.

Людмила Владимировна Гончарова – кандидат биологических наук, доцент, ученый-секретарь.

Зинаида Михайловна Алещенкова – доктор биологических наук; заведующий лабораторией взаимоотношений микроорганизмов почвы и высших растений института микробиологии.

Эмилия Ивановна Коломиец – доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси; директор института микробиологии, заведующий лабораторией средств биологического контроля.

Authors:

Zhanna A. Rupasova, doctor of sciences (biology), corresponding member of NAS of Belarus, professor; head of epy laboratory of chemistry of plants.

J.Rupasova@cbg.org.by

Alexander P. Yakovlev, PhD (biology), associate professor; head of the laboratory of ecological physiology of plants.

A.Yakovlev@cbg.org.by

Natalia B. Krinitskaya, researcher of the laboratory of plant chemistry.

T.Vasileuskaya@cbg.org.by

Andrey A. Yaroshuk, junior researcher, graduate student of the laboratory of chemistry of plants.

alrikdorey@mail.ru

Irina V. Savosko, junior researcher of the laboratory of chemistry of plants.

irinay@tut.by

Liudmila V. Goncharova, PhD (biology), associate professor; scientific secretary.

marivashkevich@yandex.ru

Zinaida M. Aleschenkova, doctor of sciences (biology); head of the laboratory of interrelations between microorganisms of soil and higher plants.

aleschenkova@mbio.bas-net.by

Emilia I. Kolomiets, doctor of sciences (biology), corresponding member of NAS of Belarus; director of the institute of microbiology, head of the laboratory of biological control means.

kolomiets@mbio.bas-net.by

Под действием испытываемых агроприемов выявлены противоположные по знаку изменения в содержании пектиновых веществ в плодах *V. angustifolium* и межвидовых гибридов относительно контроля в пределах 4–37 % (отрицательные в первом случае и положительные – во втором), при наибольшей выразительности выявленных эффектов на фоне применения препарата АгроМик, совместного внесения препаратов Бактопин и АгроМик, а также $N_{16}P_{16}K_{16}$.

Ключевые слова: фиторекультивация; голубика; сорта; плоды; растворимые сахара; пектины; сахарокислотный индекс.

INFLUENCE OF MINERAL AND MICROBIAL FERTILIZERS ON FRUITING PARAMETERS AND THE CONTENT OF ORGANIC ACIDS IN THE FRUITS OF BLUEBERRY ON OPENCAST PEATLAND IN CONDITIONS OF THE NORTH OF BELARUS

Z. A. RUPASOVA^a, A. P. YAKOVLEV^a, N. B. KRINITSKAYA^a, A. A. YAROSHUK^a, I. V. SAVOSKO^a,
L. V. GONCHAROVA^a, Z. M. ALESCHENKOVA^b, E. I. KOLOMIETS^b

^aThe Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus,
Surganova street, 2c, 220012, Minsk, Belarus

^bThe Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Kuprevicha street, 2, 220141, Minsk, Belarus

Corresponding author: A. P. Yakovlev (A.Yakovlev@cbg.org.by)

The paper deals with the results of a comparative study of morphometric, bioproduction and biochemical characteristics of *Vaccinium angustifolium* fruits and the intraspecific hybrids of Northcountry and Northblue (grown in the experimental culture at the recultivated opencast peatland in the north of the Republic) against the background of full mineral ($N_{16}P_{16}K_{16}$) and microbial (liquid preparation «MaKlor» in concentrations of 10 and 50 %; liquid and dry forms of «Agromik» preparation; liquid preparation «Bactopin») fertilizers application under differentiated and joint application.

Found that the enhancement of the mineral nutrition of examined blueberry taxa did not have a significant effect on the size of the fruits, but contributed to an increase in their yield by 17–26 %, compared with the control. The most significant differences revealed against the background of $N_{16}P_{16}K_{16}$ with 50 % fertilizer «MaKlor» (*V. angustifolium* and Northcountry variety), as well as «Agromik» preparation (Northblue variety). The least increase in yield took place against the background of the application of «Bactopin».

The use of both microbial and mineral fertilizers contributed to the enrichment of blueberry fruits with dry substances (by 5–21 % compared to the control), with a pronounced depletion of free organic and ascorbic acids by 4–50 % and 7–29 %, respectively, with the most significant manifestation of the response in a narrow-leaved species.

Key words: opencast peatland; recultivation; mineral fertilizers; microbial preparations; effectiveness; blueberries fruits; biochemical composition.

Введение

Важнейшим элементом технологии фиторекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа на основе создания локальных агроценозов интродуцированных ягодных растений сем. Ericaceae, в том числе голубики высокорослой, является оптимизация режима минерального питания данной культуры [1]. Однако, как показал практический опыт, повышение плодородия этих бесплодных земель с помощью средств химизации недостаточно эффективно, поскольку связано со значительными затратами на приобретение и внесение дорогостоящих минеральных удобрений, приводящих к загрязнению окружающей среды вредными веществами. Наиболее перспективным, на наш взгляд, представляется использование в этих целях новейших микробно-растительных ассоциаций, способствующих активизации микробиологических и биохимических процессов в остаточном слое торфяной залежи. При этом будет обеспечено получение экологически чистой высоковитаминной ягодной продукции, соответствующей требованиям органического земледелия.

В настоящее время в Институте микробиологии НАН Беларуси в рамках ГНТП «Промышленные биотехнологии» уже создан ряд высокоэффективных микробных удобрений на основе ассоциативных азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий, положительно влияющих на развитие сельскохозяйственных культур [2; 3]. Вместе с тем до настоящего времени не было проведено комплексных

испытаний микробных препаратов на ягодных растениях сем. Ericaceae в специфических условиях на участках выработанных торфяных месторождений, характеризующихся чрезвычайно низким уровнем плодородия и сильноокислой реакцией почвенного раствора. В этой связи в 2016–2017 гг. с использованием опытной культуры на рекультивируемом участке торфяной выработки в Докшицком р-не Витебской обл. было проведено сравнительное исследование влияния полного минерального и трех видов микробных удобрений – МаКлор, АгроМик и Бактопин на накопление углеводов в плодах интродуцированных таксонов голубики.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследований использовали растения узколистной голубики *V. angustifolium* и сортов *Northcountry* и *Northblue*, являющихся межвидовыми гибридами (*V. angustifolium* x *V. corymbosum*). Полевые опыты были заложены на участке сильноокислого ($pH_{KCl} - 2,8$), малоплодородного (содержание P_2O_5 и K_2O не более 12–15 и 11–21 мг/кг соответственно), полностью лишённого растительности остаточного слоя донного торфа средней степени разложения, представленного сфагново-древесно-пушицевой ассоциацией. Схема опыта включала 6 вариантов в трехкратной повторности и предусматривала двукратное за сезон (в мае и июне) луночное внесение испытываемых удобрений: 1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – внесение 10 %-ного раствора жидкого удобрения МаКлор (0,5 л / растение) в сочетании с сухим микоризным удобрением АгроМик из расчета 100 г на 10 л рабочего раствора, или 5,5 г на 1 растение; 3 – внесение 50 %-ного раствора жидкого удобрения МаКлор (0,5 л / растение); 4 – внесение жидкого препарата АгроМик (0,5 л / растение); 5 – внесение жидкого препарата Бактопин (0,5 л / растение) в сочетании с сухим микоризным удобрением АгроМик (100 г на 10 л рабочего раствора, или 5,5 г на 1 растение); 6 – внесение в почву NPK 16:16:16 кг/га д. в., или 5 г на 1 растение. В каждом варианте опыта было высажено по 18 растений голубики.

В период плодоношения опытных растений в высушенных при температуре 60 °С пробах плодов повариантно определяли общее содержание растворимых сахаров ускоренным полумикрометодом по Дюбюису [4] и пектиновых веществ кальциево-пектатным методом [5]. Аналитические определения выполнены в 3-кратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы *Excel*.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе оценки влияния удобрений на содержание в плодах модельных таксонов голубики сухих веществ и органических кислот, которая также проводилась в рамках данного исследования [6], нами показано, что внесение микробных, и минеральных удобрений в основном способствовало обогащению плодов голубики на 5–21 % сухими веществами, по сравнению с контролем, при выраженном в разной степени, в зависимости от генотипа растений и вида удобрения, обеднении их свободными органическими и аскорбиновой кислотами на 4–50 и 7–29 % соответственно, а также при наиболее значительном проявлении ответной реакции у *V. angustifolium*.

Установленное на фоне внесения удобрений обеднение плодов голубики свободными органическими кислотами косвенно свидетельствовало об улучшении их вкусовых свойств. Однако существенную роль в определении сахарокислотного индекса плодов играют также растворимые сахара, содержание которых в их сухой массе варьировалось в рамках эксперимента в сходных у *V. angustifolium* и сорта *Northblue* диапазонах – от 45,3 до 54,3 % (табл. 1).

Подобный интервал варьирования данного признака у сорта *Northcountry* охватывал область более низких значений – от 40,3 до 47,3 %. При этом наиболее высоким сахарокислотным индексом с диапазоном изменения в пределах 6,0–14,5, а, значит, и самым сладким вкусом, характеризовались плоды *V. angustifolium*, тогда как у сортов *Northblue* и *Northcountry* данный показатель был ниже и соответствовал области значений 5,7–12,6.

Таблица 1

Содержание растворимых сахаров и пектиновых веществ в сухой массе плодов голубики
в вариантах полевого опыта, %

Table 1

Content of soluble sugar and pectin substances in dry mass of fruits of a blueberry in variants of a field experiment, %

Вариант опыта	Растворимые сахара		Сахарокислотный индекс		Пектиновые вещества	
	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}	X ± st	t _{Cr}
V. angustifolium						
1	45,3±0,3		6,0±0,1		8,83±0,09	
2	47,3±0,3	4,2*	10,5±0,2	23,8*	9,57±0,12	4,9*
3	48,0±0,1	8,0*	11,3±0,1	48,8*	8,87±0,09	0,3
4	50,0±1,0	4,4*	13,2±0,3	21,5*	8,20±0,10	-4,8*
5	45,3±0,7	0	11,2±0,1	33,4*	8,47±0,09	-2,9*
6	54,3±0,7	12,1*	14,5±0,3	30,5*	8,50±0,06	-3,2*
Copt Northcountry						
1	43,0±0,1		5,7±0,1		7,07±0,07	
2	46,7±0,7	5,5*	10,4±0,2	19,3*	7,13±0,09	0,6
3	40,3±0,7	-4,0*	9,5±0,2	18,2*	7,60±0,06	6,0*
4	45,3±0,7	3,5*	12,0±0,1	70,5*	8,43±0,07	14,5*
5	45,3±0,7	3,5*	11,2±0,1	37,4*	8,17±0,07	11,7*
6	47,3±0,7	6,5*	12,6±0,3	27,2*	7,70±0,06	7,2*
Copt Northblue						
1	53,0±0,1		7,3±0,1		7,70±0,12	
2	48,0±0,6	-8,7*	10,5±0,1	22,3*	8,23±0,09	3,7*
3	46,7±0,7	-9,5*	7,0±0,1	-3,5*	8,07±0,08	2,9*
4	52,3±0,7	-1,0	10,8±0,2	18,9*	8,37±0,09	4,6*
5	49,0±1,0	-4,0*	6,6±0,1	-6,1*	9,13±0,09	9,9*
6	54,3±0,3	4,0*	11,5±0,1	28,3*	10,53±0,09	19,5*

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

Под действием испытывавшихся агроприемов была выявлена существенная активизация биосинтеза растворимых сахаров в плодах сорта *Northcountry*, но особенно следует выделить *V. angustifolium* (табл. 2). В большинстве вариантов опыта с использованием удобрений имело место достоверное увеличение в них, по сравнению с контролем, содержания растворимых сахаров на 5–10 %: в первом случае – на 4–20 %, во втором – при наибольшей выразительности данных различий на фоне внесения N₁₆P₁₆K₁₆. При этом у *V. angustifolium* не было выявлено значимого эффекта от совместного применения жидкого препарата Бактопин и микоризного удобрения АгроМик, а в плодах сорта *Northcountry* установлено снижение на 6 % содержания растворимых сахаров при внесении удобрения МаКлор в 50 %-ной концентрации. Несмотря на это у обозначенных таксонов голубики во всех без исключения удобрявшихся вариантах опыта, за счет установленного в данном эксперименте преимущественного ослабления биосинтеза титруемых кислот [6] при усилении накопления растворимых сахаров, вкусовые свойства плодов в 1,7–2,4 раза превосходили таковые в контроле, особенно в 4- и 6-м вариантах опыта (табл. 2). Относительно сорта *Northblue*, то, в отличие от сорта *Northcountry* и *V. angustifolium*, для него в вариантах опыта с внесением удобрений было показано не усиление, а преимущественное ослабление накопления растворимых сахаров на 8–12 %. Лишь на фоне внесения N₁₆P₁₆K₁₆ отмечено крайне незначительное (в пределах 2–3 %), но все же достоверное увеличение, по сравнению с контролем, содержания последних при отсутствии значимого эффекта при использовании жидкого препарата АгроМик. При этом из-за более высоких темпов обеднения плодов данного сорта свободными органическими кислотами [6], нежели растворимыми сахарами, значения их сахарокислотного индекса во 2-м (особенно в 4- и 6-м вариантах) опыта оказались на 44–58 % выше, чем в контроле. Это позволяет сделать вывод о том, что, независимо от генотипа растений голубики, наиболее выраженное позитивное влияние на содержание в плодах растворимых сахаров и их вкусовые свойства оказало внесение жидкого препарата АгроМик и полного минерального удобрения.

Относительные различия с контролем вариантов полевого опыта с внесением удобрений
в содержании углеводов в плодах голубики, %

Table 2

Relative differences in the carbohydrates of blueberry fruits in field experiments with fertilization, % of control

Показатель	Варианты опыта				
	2	3	4	5	6
	V. angustifolium				
Растворимые сахара	+4,4	+6,0	+10,4	–	+19,9
Сахарокислотный индекс	+75,0	+88,3	+120,0	+86,7	+141,7
Пектиновые вещества	+8,4	–	-7,1	-4,1	-3,7
	Copt Northcountry				
Растворимые сахара	+8,6	-6,3	+5,3	+5,3	+10,0
Сахарокислотный индекс	+82,5	+66,7	+110,5	+96,5	+121,1
Пектиновые вещества	–	+7,5	+19,2	+15,6	+8,9
	Copt Northblue				
Растворимые сахара	-9,4	-11,9	–	-7,5	+2,5
Сахарокислотный индекс	+43,8	-4,1	+47,9	-9,6	+57,5
Пектиновые вещества	+6,9	+4,8	+8,7	+18,6	+36,8

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

Важнейшим компонентом углеводного пула плодов голубики являются также пектиновые вещества – полисахариды коллоидного типа, образующие в присутствии органических кислот и сахаров желеобразные продукты. В связи с этим они широко используются в пищевой промышленности для приготовления кондитерских изделий. Пектины, обладая высоким адсорбирующим действием, способны связывать токсичные соединения и тяжелые металлы в нерастворимые комплексные соединения, выводимые из организма естественным путем. Данные соединения улучшают пищеварение, ингибируют гнилостные процессы в кишечнике и способствуют выработке витаминов группы В. Благодаря разностороннему действию на человеческий организм, препараты пектина широко используются в лечебно-профилактическом питании.

По нашим оценкам, модельные таксоны голубики характеризовались сходными параметрами накопления в плодах данных соединений, варьировавшимися в рамках эксперимента в диапазонах от 8,20 до 9,57 % сухой массы у *V. angustifolium*, от 7,07 до 8,43 % у сорта *Northcountry* и от 7,70 до 10,53 % у сорта *Northblue* (табл. 1). Однако в ответной реакции пектинового комплекса плодов на внесение удобрений были выявлены весьма существенные межвидовые различия. Так, если у *V. angustifolium* в большинстве случаев было показано незначительное (в пределах 4–7 %) снижение содержания пектинов относительно контроля, то у обоих межвидовых гибридов, наблюдалось увеличение их содержания на 8–19 % у сорта *Northcountry* и на 5–37 % у сорта *Northblue* при наиболее выразительном проявлении выявленных эффектов в 4, 5 и 6 вариантах опыта на фоне применения жидкого препарата АгроМик, совместного внесения препаратов Бактопин и АгроМик, а также $N_{16}P_{16}K_{16}$ (табл. 2).

Заключение

В результате сравнительного исследования в опытной культуре на рекультивируемом участке торфяной выработки углеводного состава плодов *V. angustifolium* и межвидовых гибридов *Northcountry* и *Northblue* на фоне внесения полного минерального ($N_{16}P_{16}K_{16}$) и ряда микробных удобрений – жидкого препарата МаКлор в концентрациях 10 и 50 %, жидкого и сухого препарата АгроМик, а также жидкого препарата Бактопин при дифференцированном и совместном применении, установлено следующее:

1. Внесение микробных и минеральных удобрений в основном способствовало обогащению плодов голубики на 4–20 %, по сравнению с контролем, растворимыми сахарами и увеличению их сахарокислотного индекса на 44–142 %.

2. Независимо от генотипа растений голубики наиболее выраженное позитивное влияние на содержание в плодах растворимых сахаров и их вкусовые свойства оказало внесение жидкого препарата АгроМик и полного минерального удобрения.

3. Под действием испытываемых агроприемов выявлены противоположные по знаку изменения в содержании пектиновых веществ в плодах *V. angustifolium* и межвидовых гибридов относительно контроля в пределах 4–37 % (отрицательные в первом случае и положительные – во втором), при наибольшей выразительности выявленных эффектов на фоне применения препарата АгроМик, совместно внесения препаратов Бактопин и АгроМик, а также $N_{16}P_{16}K_{16}$.

Библиографические ссылки

1. Рупасова Ж. А., Яковлев А. П. Фиторекультивация выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси на основе культивирования ягодных растений сем. Ericaceae. Минск, 2011.
2. Алещенко З. М. Микробные удобрения для стимуляции роста и развития растений // Наука и инновации. 2015. № 8 (150). С. 66–67.
3. Соловьева Е. А., Савчиц Т. Л., Алещенко З. М. и др. Микробный препарат АгроМик для стимуляции роста и развития тритикале // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: сб. науч. тр. Минск, 2013. С. 331–342.
4. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы: учеб. пособие / сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. Пермь, 2012.
5. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. Ленинград, 1987.
6. Рупасова Ж. А., Яковлев А. П., Алещенко З. М. и др. Влияние минеральных и микробных удобрений на параметры плодоношения и содержание органических кислот в плодах голубики на выработанном участке торфяного месторождения на севере Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2017. № 4. С. 100–106.

References

1. Rupasova J. A., Yakovlev A. P. [Phytorecultivation of opencast peatlands on the basis of cultivation of berry plants of the family Ericaceae in conditions of the north of Belarus]. Minsk, 2011 (in Russ.).
2. Aleshchenkova Z. M. [Microbial of fertilizing for stimulation of growth and development of plants]. *Science and Innovations*. 2015. No. 8 (150). Pp. 66–67 (in Russ.).
3. Solovjeva E. A., Savchits T. L., Aleshchenkova Z. M., et. al. [Microbial AgroMic preparation for stimulation of growth and development of triticale]. *Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects*: coll. sci. tr. Minsk, 2013. P. 331–342 (in Russ.).
4. Kusakina M. G., Suvorov V. I., Chudinova L. A. (comp.) [The big practical work «Biological chemistry». Laboratory works: studies. schoolbook]. Perm, 2012 (in Russ.).
5. Ermakov A. I. (ed.) [Methods biochemical study of plants]. Leningrad, 1987 (in Russ.).
6. Rupasova Zh. A., Yakovlev A. P., Aleshchenkova Z. M., et. al. [Influence of mineral and microbial fertilizers on fruiting parameters and the content of organic acids in the fruits of blueberry on opencast peatland in conditions of the North of Belarus]. *Ecology: J. of Belorussian State University*. 2017. No. 4. P. 100–106 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 07.05.2018
Received by editorial board 07.05.2018