

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНИКА ВЕРХОВОГО ТИПА ПОД ПОСАДКАМИ ВИРГИНИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ В БЕЛАРУСИ

**Ж. А. Рупасова¹, А. П. Яковлев¹, Э. И. Коломиец², З. М. Алещенкова³, Л. Е. Картыжова³,
С. П. Зимич¹, М. Н. Вашкевич¹, С. Н. Авраменко¹, А. А. Лешков¹**

¹Центральный ботанический сад НАН Беларусь, Минск, Беларусь;

²Государственное научно-производственное объединение

«Химический синтез и биотехнологии НАН Беларусь», Минск, Беларусь;

³Институт микробиологии НАН Беларусь, Минск, Беларусь

Аннотация. Приведены результаты сравнительного исследования в 2020 и 2021 г. в Смолевичском районе Минской области и в более северном Докшицком районе Витебской области в опытной культуре на рекультивируемых участках торфяной выработки верхового типа влияния минерального Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) и отечественных биологических удобрений – азотфикссирующего и фосфатомобилизующего микробного MaKloR в 5%-ной и 10%-ной концентрациях, а также органо-минерального Экогум-комплекса на агрохимические свойства субстрата под посадками раннеспелого Ben Lear и позднеспелого Stevens сортов клюквы крупноплодной в рамках идентичных полевых экспериментов. Установлено, что в оба сезона все испытуемые агроприемы способствовали его заметному обогащению питательными элементами по сравнению с контролем, тогда как степень данного обогащения определялась географическим положением района исследований, погодными условиями вегетационного периода, генотипом опытных растений и стадией их сезонного развития. Тем не менее, независимо от всех обозначенных факторов, в большинстве случаев наиболее результативным в повышении уровня плодородия субстрата следовало признать внесение минерального удобрения, а среди биологических удобрений – использование Экогум-комплекса и 5%-ного MaKloRa.

Ключевые слова: выработанный торфяник; клюква крупноплодная; сорта; минеральные и микробные удобрения; агрохимические свойства; питательные элементы; легкогидролизуемый азот; подвижный фосфор; обменный калий.

Для цитирования. Рупасова Ж. А., Яковлев А. П., Коломиец Э. И., Алещенкова З. М., Картыжова Л. Е., Зимич С. П., Вашкевич М. Н., Авраменко С. Н., Лешков А. А. Влияние удобрений на агрохимические свойства выработанного торфяника верхового типа под посадками виргинильных растений клюквы крупноплодной в Беларуси // Природопользование. – 2024. – № 2. – С. 159–173.

INFLUENCE OF FERTILIZERS ON AGROCHEMICAL PROPERTIES OF PRODUCED UP-MOOR PEAT LAND UNDER LARGE-FRUIT CRANBERRY VIRGINIL PLANTS IN BELARUS

**J. A. Rupasova¹, A. P. Yakovlev¹, E. I. Kolomiets², Z. M. Aleshchenkova³, L. E. Kartyzhova³,
S. P. Zimich¹, M. N. Vashkevich¹, S. N. Avramenko¹, A. A. Leshkov¹**

¹Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus;

²State Scientific and Production Association "Chemical Synthesis and Biotechnology
of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, Belarus;

³Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The article presents the results of a comparative study in 2020 and 2021 in the Smolevichi district of the Minsk region and in the more northern Dokshitsy district of the Vitebsk region, geographically 250 km from each other, in an experimental culture on reclaimed areas of high-moor peat production of the effect of mineral Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ kg/ha active ingredient) and domestic biological fertilizers – nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microbial MaKloR in 5 % and 10 % concentrations, as well as organo-mineral Ecogum-complex on the agrochemical properties of the substrate under plantings of early-ripening Ben Lear and late-ripening Stevens varieties of large-fruited cranberry

within the framework of identical field experiments. It was established that in both seasons all the tested agricultural practices contributed to its noticeable enrichment with nutrients compared to the control, while the degree of this enrichment was determined by the geographical location of the study area, weather conditions of the growing season, the genotype of the experimental plants and the stage of their seasonal development. Nevertheless, regardless of all the indicated factors, in most cases the most effective in increasing the level of substrate fertility was the introduction of mineral fertilizers, and among biological fertilizers – the use of Ecogum-complex and 5 % MaKloR.

Keywords: developed peatland; large-fruited cranberry; varieties; mineral and microbial fertilizers; agrochemical properties; nutrients, easily hydrolyzed nitrogen; mobile phosphorus; exchangeable potassium.

For citation. Rupasova J. A., Yakovlev A. P., Kolomiets E. I., Aleshchenkova Z. M., Kartyzhova L. E., Zimich S. P., Vashkevich M. N., Avramenko S. N., Leshkov A. A. Influence of fertilizers on agrochemical properties of produced up-moor peat land under large-fruit cranberry virginil plants in Belarus. *Nature Management*, 2024, no. 2, pp. 159–173.

Введение. В связи с разработкой технологии фиторекультивации выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа на основе создания локальных агроценозов интродуцированных сортов клюквы крупноплодной особого внимания заслуживают вопросы оптимизации минерального питания данной культуры. Для их решения представлялось необходимым дать комплексную оценку влияния на агрохимические свойства субстрата не только традиционно применяемого при ее возделывании полного минерального удобрения Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.), но и экологически безопасных биологических удобрений, разработанных в УП «Белуниверсалпродукт» (Республика Беларусь) и Институте микробиологии НАН Беларусь новых препаратов – органического (Экогум-комплекс) и бактериального (МаКлоР), соответствующих биологической природе данного интродуцента.

Их применение, на наш взгляд, является особо актуальным в связи с принятым в Беларуси в 2018 г. Законом об органическом земледелии, существенно ужесточающим требования к качеству экологически чистой растениеводческой продукции, при производстве которой ограничено использование любых химических средств, в том числе минеральных удобрений. В этой связи в 2020–2021 гг. в рамках полевых экспериментов на рекультивируемых участках выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений верхового типа – «Радемье-Зеленоборское» в Смолевичском районе Минской области и «Рамжино-Журавлевское» в удаленном на 250 км к северу Докшицком районе Витебской области в рамках однотипных полевых экспериментов с применением вышеуказанных удобрений выполнены сравнительные исследования агрохимических свойств корнеобитаемой зоны торфяного субстрата в корнеобитаемой зоне виргинильных растений раннеспелого Ben Lear и позднеспелого Stevens сортов клюквы крупноплодной.

Материалы и методы исследования. Годы исследований характеризовались заметными различиями погодных условий вегетационного периода. Так, в 2020 г. он отнесен в основном близкими к средней климатической норме или несколько уступавшими ей температурными показателями при наиболее теплом июне, в котором в обоих районах исследований наблюдалось превышение средних многолетних значений на 21–36 %. При этом данный сезон характеризовался весьма неравномерным выпадением осадков, обусловившим в Смолевичском районе дефицит влаги в пределах 5–77 % в апреле, мае, июле и сентябре при ее избытке на 14–68 % в июне и августе. В Докшицком районе практически на всем протяжении вегетационного периода наблюдался острый дефицит влаги с отставанием количества выпавших осадков от средней многолетней нормы на 28–47 %, и лишь в мае оно превысило ее на 12 %. В обоих районах исследований два первых летних месяца вегетационного сезона 2021 г. характеризовались весьма жаркой погодой с превышением на 22–43 % средних многолетних температурных показателей, что наиболее выразительно проявилось в Докшицком районе и сопровождалось существенным дефицитом влаги, особенно в июле. Температурный режим в остальные месяцы оставался близким к средним многолетним значениям при избыточном выпадении осадков, вдвое превышавшим норму в мае и превосходившим ее на 10–64 % в остальной период при наибольших контрастах опять-таки в северном районе.

В обоих районах исследования выполнены в рамках однотипных полевых экспериментов с пятивариантной схемой: 1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – припосадочное (в мае) луночное внесение минерального удобрения Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) из расчета 1,5 г под растение; 3 – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения Экогум-комплекс в концентрации 15 мл на 3 л воды из расчета 75 мл на растение; 4 – припосадочное (в мае) луночное внесение 5%-ного раствора препарата МаКлоР из расчета 0,2 л под растение; 5 – припосадочное (в мае) луночное внесение 10%-ного раствора препарата МаКлоР из расчета 0,2 л под растение. Повторность опытов трехкратная, в каждом варианте высажено по 15 растений каждого сорта клюквы крупноплодной.

Исследование агрохимических свойств торфяного субстрата в полевых экспериментах осуществляли трижды за сезон с определением содержания аммиачного азота – по ГОСТ 27894.3-88 [5]; нитратного азота – по ГОСТ 27894.4-88 [6]; подвижных форм фосфора (в пересчете на P_2O_5) – фотоэлектроколориметрическим методом по ГОСТ 27894.5-88 [7]; обменного калия (в пересчете на K_2O) –

методом пламенной фотометрии по ГОСТ 27894.6-88 [8]. Все аналитические определения выполнены в трехкратной биологической повторности. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Несмотря на незначительные потребности клюквы крупноплодной, как и всех представителей семейства Ericaceae, в элементах минерального питания особо важное значение для ее успешного культивирования на выработанных торфяниках обретает система внесения удобрений, специфический характер которой определяется происхождением, ботаническим составом и индивидуальными свойствами торфяной залежи. Для корнеобитаемого слоя торфяников верхового типа характерны чрезвычайно низкие запасы доступных форм основных питательных элементов, недостаточные для ежегодного получения высококачественного урожая ягодной продукции.

Общеизвестно, что в торфяном субстрате фосфор находится в прочно связанном состоянии в виде органических соединений и без применения специальных агротехнических приемов недоступен для растений [4]. Крайне незначительны в нем и природные запасы калия, которые даже не учитываются при определении доз калийных удобрений, и поскольку данный элемент в большинстве случаев полностью расходуется уже в первый год их внесения, данные удобрения применяются ежегодно, исходя из физиологических потребностей этой культуры [2, 3]. Впервые вспаханный остаточный слой донного торфа, как правило, характеризуется также полным отсутствием доступных форм важнейшего питательного элемента – азота, находящегося в прочно связанном состоянии, причем процесс его вы свобождения из органических соединений чрезвычайно затруднен из-за низких темпов минерализации данного вида субстрата, что предопределяет необходимость внесения на этих бесплодных землях не только фосфорных и калийных, но и азотных удобрений [1].

Исследование влияния испытываемых видов удобрений на агрохимические свойства корнеобитаемой зоны остаточного слоя торфяной залежи показало, что в оба сезона в обоих районах все испытываемые агроприемы способствовали ее заметному обогащению основными питательными элементами (табл. 1, 2). При этом, независимо от района исследований и сортовой принадлежности опытных растений, наиболее высокими параметрами накопления характеризовалась самая активная аммонийная форма легкогидролизуемого азота, тогда как количественное содержание его нитратной формы уступало ей в несколько десятков раз. Заметим, что примерно сопоставимое друг с другом содержание в субстрате подвижных соединений фосфора и обменного калия было в несколько раз ниже такового легкогидролизуемого азота.

Таблица 1. Агрохимические характеристики верхнего корнеобитаемого слоя торфяного субстрата (0–25 см) под посадками виргинильной клюквы крупноплодной в Смолевичском районе в годы исследований

Table 1. Agrochemical characteristics of the upper root layer of peat substrate (0–25 cm) under large-fruited virgin cranberry plantings in the Smolevichi district during the research years

Сорт	Вариант опыта	рН _{KCl}	N–NH ₄ ⁺	N–NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O		
			мг/кг сухого вещества					
2020 г.								
<i>Май</i>								
Ben Lear	1	2,72	301,5 ± 3,1	5,5 ± 0,1	55,3 ± 0,5	80,7 ± 0,6		
	2	2,70	288,8 ± 1,3	6,4 ± 0,1	95,7 ± 1,2	200,9 ± 0,9		
	3	2,64	310,6 ± 3,0	2,9 ± 0,1	64,1 ± 0,8	145,8 ± 1,2		
	4	2,68	254,1 ± 2,1	8,5 ± 0,1	65,8 ± 0,8	95,5 ± 0,9		
	5	2,76	194,0 ± 1,3	3,0 ± 0,1	76,4 ± 0,8	143,1 ± 0,9		
Stevens	1	2,65	223,2 ± 2,3	2,7 ± 0,1	57,0 ± 0,6	70,5 ± 0,6		
	2	2,62	339,8 ± 3,3	2,6 ± 0,1	60,6 ± 0,9	119,3 ± 1,2		
	3	2,65	130,3 ± 1,3	5,7 ± 0,1	62,3 ± 0,6	82,5 ± 1,2		
	4	2,70	389,0 ± 4,0	2,4 ± 0,1	56,2 ± 0,4	120,2 ± 0,9		
	5	2,73	305,2 ± 3,0	2,5 ± 0,1	51,8 ± 0,5	190,6 ± 0,9		
<i>Июль</i>								
Ben Lear	1	2,87	700,5 ± 6,9	3,1 ± 0,1	43,0 ± 1,2	60,5 ± 0,9		
	2	2,68	817,1 ± 8,3	2,1 ± 0,1	71,1 ± 0,8	133,7 ± 0,6		
	3	2,61	469,1 ± 5,0	1,9 ± 0,1	46,5 ± 0,5	77,1 ± 0,6		
	4	2,88	571,1 ± 6,1	3,9 ± 0,1	76,4 ± 0,9	91,6 ± 0,6		
	5	2,81	414,5 ± 3,5	2,2 ± 0,1	50,0 ± 0,4	87,6 ± 0,9		
Stevens	1	2,89	445,4 ± 4,0	2,5 ± 0,1	39,5 ± 0,5	66,0 ± 0,3		
	2	2,83	542,0 ± 5,1	5,5 ± 0,1	79,9 ± 0,9	161,4 ± 0,6		
	3	2,76	559,3 ± 5,3	9,0 ± 0,1	43,0 ± 0,4	84,3 ± 0,6		
	4	2,81	190,4 ± 1,6	11,4 ± 0,1	37,7 ± 0,5	36,4 ± 0,3		

Сорт	Вариант опыта	рН _{KCl}	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	
			мг/кг сухого вещества				
			5	2,77	461,0 ± 4,3	3,3 ± 0,1	50,0 ± 0,7
Сентябрь							
Ben Lear	1	2,76	166,7 ± 1,3	7,3 ± 0,1	71,1 ± 1,0	43,4 ± 0,6	
	2	2,52	203,1 ± 2,3	5,1 ± 0,1	95,7 ± 0,9	46,4 ± 0,6	
	3	2,75	327,0 ± 3,3	4,9 ± 0,1	67,6 ± 0,8	49,7 ± 0,3	
	4	2,73	75,6 ± 0,9	9,3 ± 0,1	71,1 ± 0,7	28,6 ± 0,3	
	5	2,68	139,4 ± 1,3	8,6 ± 0,1	60,6 ± 0,7	70,8 ± 0,9	
Stevens	1	2,71	272,4 ± 3,0	3,9 ± 0,2	39,5 ± 0,5	25,9 ± 0,6	
	2	2,70	325,2 ± 3,5	40,1 ± 0,6	218,5 ± 2,8	114,7 ± 0,9	
	3	2,65	190,4 ± 1,5	3,7 ± 0,1	102,7 ± 1,0	53,6 ± 0,6	
	4	2,65	146,7 ± 1,3	8,7 ± 0,1	76,4 ± 0,8	42,2 ± 0,6	
	5	2,77	126,6 ± 3,9	4,1 ± 0,1	60,6 ± 0,7	50,3 ± 0,3	
2021 г.							
Май							
Ben Lear	1	2,74	694,1 ± 5,2	6,1 ± 0,1	50,9 ± 2,5	67,5 ± 0,6	
	2	2,66	432,7 ± 3,9	7,8 ± 0,1	74,6 ± 3,7	95,5 ± 0,9	
	3	2,68	426,3 ± 5,2	6,7 ± 0,1	57,0 ± 1,2	80,7 ± 0,6	
	4	2,66	348,9 ± 3,9	7,3 ± 0,1	52,7 ± 2,5	60,0 ± 0,3	
	5	2,67	234,1 ± 3,9	7,0 ± 0,1	56,2 ± 0,0	81,9 ± 0,6	
Stevens	1	2,95	343,4 ± 3,9	19,9 ± 0,3	80,7 ± 2,5	77,1 ± 0,6	
	2	2,87	534,7 ± 6,4	12,4 ± 0,2	97,4 ± 6,2	129,8 ± 0,9	
	3	2,98	431,8 ± 5,2	9,7 ± 0,2	63,2 ± 2,5	77,1 ± 0,6	
	4	2,93	174,0 ± 3,9	8,2 ± 0,1	55,3 ± 3,7	64,8 ± 0,3	
	5	2,76	160,3 ± 2,6	7,0 ± 0,1	67,6 ± 3,7	107,2 ± 1,2	
Июль							
Ben Lear	1	2,74	302,4 ± 2,6	9,2 ± 0,1	87,8 ± 2,5	38,6 ± 0,6	
	2	2,71	469,1 ± 3,9	9,9 ± 0,1	93,9 ± 1,2	59,6 ± 0,6	
	3	2,72	382,6 ± 2,6	8,8 ± 0,1	90,4 ± 1,2	46,1 ± 0,3	
	4	2,71	123,9 ± 2,6	9,5 ± 0,1	82,5 ± 2,5	34,0 ± 0,3	
	5	2,71	196,8 ± 5,2	7,2 ± 0,1	81,6 ± 1,2	49,4 ± 0,6	
Stevens	1	2,88	519,2 ± 5,2	14,8 ± 0,2	69,3 ± 1,2	63,5 ± 0,9	
	2	2,95	395,3 ± 2,6	11,9 ± 0,2	85,1 ± 1,2	136,4 ± 0,9	
	3	3,04	272,4 ± 3,9	9,5 ± 0,1	66,7 ± 2,5	80,7 ± 0,6	
	4	2,98	256,9 ± 2,6	12,2 ± 0,2	71,1 ± 1,2	59,6 ± 0,6	
	5	2,77	203,1 ± 1,3	9,7 ± 0,1	82,5 ± 2,5	107,8 ± 0,6	
Сентябрь							
Ben Lear	1	2,84	643,2 ± 6,6	13,6 ± 0,2	83,3 ± 1,0	44,9 ± 0,3	
	2	2,65	53,5 ± 0,7	18,2 ± 0,4	114,4 ± 1,8	60,8 ± 0,6	
	3	2,76	219,3 ± 2,9	6,4 ± 0,1	86,1 ± 1,0	68,1 ± 0,6	
	4	2,78	227,7 ± 3,0	5,5 ± 0,1	139,8 ± 1,5	70,8 ± 0,9	
	5	2,72	217,2 ± 2,2	5,6 ± 0,1	66,4 ± 0,8	71,1 ± 0,6	
Stevens	1	2,99	150,0 ± 1,9	6,2 ± 0,1	69,2 ± 0,8	31,0 ± 0,3	
	2	2,92	30,4 ± 0,1	7,0 ± 0,1	91,8 ± 1,0	40,7 ± 0,3	
	3	3,11	433,4 ± 4,4	6,5 ± 0,1	100,2 ± 1,7	50,6 ± 0,6	
	4	3,12	349,4 ± 4,5	5,7 ± 0,1	63,5 ± 0,9	30,4 ± 0,3	
	5	2,84	267,6 ± 3,0	6,3 ± 0,1	108,7 ± 1,5	53,6 ± 0,6	

Таблица 2. Агротехнические характеристики верхнего корнеобитаемого слоя торфяного субстрата (0–25 см) под посадками виргинильной клюквы крупноплодной в Докшицком районе в годы исследований

Table 2. Agrochemical characteristics of the upper root layer of peat substrate (0–25 cm) under large-fruited virginal cranberry plantings in the Dokshitsy district during the research years

Сорт	Вариант опыта	рН _{KCl}	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O		
			мг/кг сухого вещества					
			5	2,77	183,1 ± 1,3	3,6 ± 0	41,2 ± 0,4	
2020 г.								
Май								
Ben Lear	1	2,72	2,74	183,1 ± 1,3	3,6 ± 0	41,2 ± 0,4		
	2	2,70	2,66	128,4 ± 1,3	3,4 ± 0	51,8 ± 0,7		
	3	2,64	2,68	164,9 ± 1,3	3,9 ± 0	44,8 ± 0,5		

Сорт	Вариант опыта	рН _{KCl}	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг/кг сухого вещества			
	4	2,68	2,66	194,9 ± 2,6	2,8 ± 0	46,5 ± 0,5
	5	2,76	2,67	158,5 ± 2,6	2,7 ± 0	53,5 ± 0,7
Stevens	1	2,65	2,95	93,8 ± 1,3	7,2 ± 0,1	53,5 ± 0,6
	2	2,62	2,87	48,3 ± 1,3	7,2 ± 0,1	43,0 ± 0,5
	3	2,65	2,98	93,8 ± 1,3	10,3 ± 0,1	38,6 ± 2,5
	4	2,70	2,93	126,6 ± 1,3	9,2 ± 0,1	53,5 ± 1,2
	5	2,73	2,76	113,9 ± 1,3	7,8 ± 0,1	49,1 ± 2,5
<i>Июль</i>						
Ben Lear	1	2,74	429,0 ± 4,5	7,9 ± 0,1	57,0 ± 0,7	65,1 ± 0,6
	2	2,71	423,6 ± 4,0	7,0 ± 0,1	125,5 ± 1,2	125,6 ± 0,9
	3	2,72	427,2 ± 4,3	5,0 ± 0	67,6 ± 0,8	79,2 ± 0,3
	4	2,71	434,5 ± 4,3	11,4 ± 0,1	78,1 ± 0,8	73,5 ± 0,6
	5	2,71	394,4 ± 3,3	3,9 ± 0	75,5 ± 0,9	64,8 ± 0,3
Stevens	1	2,88	285,1 ± 3,0	32,5 ± 0,3	74,6 ± 0,8	51,2 ± 0,6
	2	2,95	166,7 ± 2,0	41,1 ± 0,3	88,6 ± 0,9	68,7 ± 0,6
	3	3,04	257,8 ± 2,3	60,6 ± 0,5	71,1 ± 0,6	62,9 ± 0,3
	4	2,98	272,4 ± 3,0	28,0 ± 0,2	65,8 ± 0,8	55,7 ± 0,9
	5	2,77	341,6 ± 3,5	8,5 ± 0,1	71,1 ± 0,9	63,8 ± 0,6
<i>Сентябрь</i>						
Ben Lear	1	2,84	390,8 ± 4,1	9,2 ± 0,1	76,4 ± 0,9	26,6 ± 0,1
	2	2,65	310,6 ± 3,3	11,5 ± 0,2	118,5 ± 1,2	61,9 ± 0,2
	3	2,76	387,1 ± 3,9	9,4 ± 0,1	88,6 ± 0,9	35,6 ± 0,1
	4	2,78	337,9 ± 3,3	17,6 ± 0,2	69,3 ± 0,5	23,7 ± 0,2
	5	2,72	427,2 ± 4,3	14,8 ± 0,1	108,0 ± 1,0	29,1 ± 0,2
Stevens	1	2,99	252,3 ± 3,0	26,9 ± 0,2	60,3 ± 0,7	23,0 ± 0,1
	2	2,92	174,0 ± 1,8	16,9 ± 0,2	113,2 ± 1,6	34,5 ± 0,1
	3	3,11	330,7 ± 3,2	35,9 ± 0,4	74,6 ± 0,8	30,9 ± 0,2
	4	3,12	312,4 ± 3,2	24,6 ± 0,1	81,6 ± 0,9	27,8 ± 0,1
	5	2,84	241,4 ± 2,5	18,0 ± 0,2	86,9 ± 1,2	35,7 ± 0,1
<i>2021 г.</i>						
<i>Май</i>						
Ben Lear	1	2,7	325,2 ± 3,9	13,6 ± 0,1	54,4 ± 2,5	338,8 ± 0,9
	2	2,6	496,4 ± 3,9	17,8 ± 0,3	88,6 ± 3,7	106,6 ± 0,6
	3	2,7	471,9 ± 2,6	11,4 ± 0,2	47,4 ± 2,5	94,9 ± 0,3
	4	2,7	481,9 ± 3,9	17,5 ± 0,2	72,0 ± 2,5	92,2 ± 0,6
	5	2,7	474,6 ± 3,9	13,2 ± 0,2	78,1 ± 3,7	105,1 ± 0,9
Stevens	1	2,9	169,4 ± 5,2	13,6 ± 0,1	52,7 ± 2,5	69,9 ± 0,6
	2	2,8	269,6 ± 5,2	9,5 ± 0,2	74,6 ± 3,7	362,3 ± 1,5
	3	3,0	489,2 ± 1,3	13,7 ± 0,3	59,7 ± 2,5	85,2 ± 0,9
	4	3,0	306,1 ± 5,2	11,3 ± 0,2	62,3 ± 3,7	77,7 ± 0,6
	5	2,7	218,6 ± 2,6	20,6 ± 0,5	49,1 ± 2,5	78,0 ± 0,9
<i>Июль</i>						
Ben Lear	1	2,7	537,4 ± 2,6	23,1 ± 0,2	57,0 ± 1,2	31,3 ± 0,6
	2	2,6	308,8 ± 3,9	28,6 ± 0,5	66,7 ± 2,5	37,9 ± 0,6
	3	2,7	502,8 ± 2,6	17,1 ± 0,3	48,3 ± 1,2	39,5 ± 0,9
	4	2,7	556,6 ± 3,9	17,2 ± 0,2	68,5 ± 2,5	32,2 ± 0,3
	5	2,8	457,3 ± 2,6	18,1 ± 0,3	70,2 ± 2,5	33,4 ± 0,3
Stevens	1	2,9	327,9 ± 2,6	18,7 ± 0,3	51,8 ± 1,2	22,6 ± 0,3
	2	3,0	317,0 ± 3,9	15,2 ± 0,3	56,2 ± 2,5	28,3 ± 0,6
	3	2,9	210,4 ± 3,9	13,6 ± 0,2	64,1 ± 1,2	36,4 ± 0,9
	4	2,9	366,2 ± 2,6	19,8 ± 0,3	60,6 ± 1,2	28,6 ± 0,3
	5	2,7	273,3 ± 2,6	27,6 ± 0,4	52,7 ± 2,5	31,9 ± 0,6
<i>Сентябрь</i>						
Ben Lear	1	2,9	166,8 ± 1,8	50,2 ± 0,8	170,8 ± 2,5	55,7 ± 0,3
	2	3,0	156,3 ± 1,4	36,3 ± 0,2	156,7 ± 1,6	64,5 ± 0,6
	3	3,1	420,8 ± 3,6	27,4 ± 0,5	170,8 ± 2,4	59,3 ± 0,3
	4	2,9	225,6 ± 3,0	29,0 ± 0,5	156,7 ± 1,8	45,8 ± 0,6
	5	2,9	131,2 ± 1,4	25,0 ± 0,4	184,9 ± 2,0	63,8 ± 0,6
Stevens	1	2,8	311,6 ± 4,0	18,6 ± 0,3	170,8 ± 1,8	65,4 ± 0,3
	2	2,7	160,5 ± 1,8	15,8 ± 0,3	204,7 ± 2,2	74,7 ± 0,6
	3	2,8	248,7 ± 2,2	15,2 ± 0,3	156,7 ± 1,9	74,4 ± 0,3
	4	2,8	189,9 ± 2,0	16,6 ± 0,3	114,4 ± 1,5	76,2 ± 0,9
	5	2,8	181,5 ± 1,9	12,9 ± 0,2	179,3 ± 2,0	73,2 ± 0,9

Наиболее объективное представление о степени обогащения корнеобитаемой зоны питательными элементами при внесении удобрений по сравнению с неудобренным агрофоном (контролем) на разных этапах сезонного развития растений дают материалы табл. 3 и 4, основанные на данных табл. 1 и 2. Их анализ позволил выявить значительные межсезонные, межвариантные и генотипические различия в пополнении запасов основных питательных элементов в торфяном субстрате. Так, в 2020 г. в Смолевичском районе под посадками обоих сортов клюквы начало вегетационного периода отмечено увеличением в разных вариантах опыта содержания обменного калия на 17–170 % по сравнению с контролем при менее выраженных различиях в содержании подвижных соединений фосфора, составлявших 16–73 % под посадками сорта Ben Lear и не превышавших 6–9 % под таковыми сортами Stevens, причем исключительно при внесении минерального удобрения и обработках Экогум-комплексом, тогда как применение микробного препарата в 5%-ной концентрации не повлияло на содержание в корнеобитаемой зоне доступного фосфора, а в 10%-ной даже обусловило его снижение на 9 % относительно контроля. В отличие от данных элементов, обнаруживших более выраженное накопление под опытными посадками раннеспелого сорта, нежели позднеспелого, для легкогидролизуемого азота наблюдалась противоположная картина.

Так, под сортом Ben Lear пополнение его запасов в субстрате за счет $N - NO_3^-$ отмечено лишь в двух вариантах опыта – на фоне внесения Basacot Plus 6 и 5%-ного МаклоРа, тогда как в остальных случаях имело место либо весьма значительное снижение содержания элемента (на 16–36 %) по сравнению с контролем, либо отсутствие различий с ним в этом плане. В отличие от посадок раннеспелого сорта, под таковыми позднеспелого все испытываемые агроприемы обеспечивали заметное обогащение субстрата легкогидролизуемым азотом на 37–111 % по сравнению с контролем, причем в основном в аммонийной форме, и лишь при обработках растений Экогум-комплексом это происходило за счет его нитратной формы (см. табл. 3). Несмотря на выявленные сортовые различия в изменении в субстрате содержания азота, с одной стороны, и фосфора и калия, с другой стороны, величина совокупного позитивного эффекта под действием органического и микробного удобрения, особенно в 10%-ной концентрации, под сортом Stevens оказалась в 1,8–5,5 раза большей, а при внесении минерального удобрения в 1,9 раза меньшей, чем под сортом Ben Lear.

В середине вегетационного периода наблюдалось существенное усиление таксономических различий в степени аккумуляции питательных элементов в корнеобитаемой зоне субстрата, главным образом, за счет легкогидролизуемого азота, для которого под посадками раннеспелого сорта показано преимущественное истощение запасов его обеих форм на 18–98 % по сравнению с контролем на фоне их увеличения на 32–300 % под таковыми позднеспелого сорта. Вместе с тем наиболее значительным данное увеличение, как и под посадками сорта Ben Lear, оказалось при внесении 5%-ного МаклоРа, причем под обоими таксонами клюквы оно обусловлено усилением накопления исключительно нитратной формы азота. При этом под посадками раннеспелого сорта положительное значение суммарного эффекта от испытываемых агроприемов показано только в двух вариантах опыта – при использовании минерального удобрения и 5%-ного МаклоРа, тогда как на фоне применения его 10%-ной концентрации, как и Экогум-комплекса, полученный результат был отрицательным. Заметим, что в летний период 2020 г., как и в весенний, среди испытываемых биологических удобрений наиболее заметным позитивным влиянием на состояние агрохимического фона в корнеобитаемой зоне характеризовался 5%-ный МаклоР. Что касается субстрата под посадками позднеспелого сорта клюквы, то, как и под таковыми раннеспелого, в середине сезона наибольшее увеличение в субстрате общих запасов основных питательных элементов относительно контроля наблюдалось при внесении Basacot Plus 6, а среди биологических удобрений наиболее результивным в этом плане оказался Экогум-комплекс. При этом внесение 5%-ного МаклоРа, уступавшее последнему по общей эффективности в 1,3 раза, обеспечивалось исключительно усилением накопления на 26 % нитратной формы азота на фоне ослабления такового его аммонийной формы и обменного калия на 50–57 %, что свидетельствовало об определенном дисбалансе в режиме минерального питания сорта Stevens (см. табл. 3). В связи с этим внесение 10%-ного МаклоРа, обеспечивающего в эксперименте сравнительно пропорциональное увеличение в субстрате содержания основных питательных элементов на 27–55 % относительно контроля, представляется нам более благоприятным в этом плане, несмотря на получение в 2,2 раза меньшего, чем в предыдущем случае, совокупного позитивного эффекта от испытываемых агроприемов. К окончанию вегетационного периода, в связи с преимущественным потреблением растениями соединений фосфора и калия после завершения фазы активного роста, на фоне внесения минерального удобрения установлено заметное сокращение различий с контролем в содержании данных элементов под посадками раннеспелого сорта по сравнению с весенним и летним периодами, что представляется весьма логичным. В свою очередь, это обусловило также снижение величины суммарного эффекта от внесения Basacot Plus 6 в осенний период.

В вариантах опыта с применением биологических удобрений при обработках растений Экогум-комплексом наблюдалось обогащение субстрата более чем на 60 % легкогидролизуемым азотом исключительно за счет его аммонийной формы и на 15 % обменным калием, что даже при некотором отставании от контроля в содержании подвижного фосфора позволило достичь в 2,2 раза более значительного, нежели при внесении минерального удобрения, совокупного положительного эффекта (см. табл. 3).

Таблица 3. Относительные различия с контролем вариантов полевого опыта с внесением удобрений по содержанию доступных форм основных элементов питания в торфяном субстрате под посадками виргинской клюквы крупноплодной в начале, середине и конце вегетационного периода в Смоловичском районе, % в годы исследований

Table 3. Relative differences with the control of field experiment variants with the introduction of fertilizers in the content of available forms of the main nutritional elements in the peat substrate under large-fruited virgin cranberry plantings at the beginning, middle and end of the growing season in the Smolevichi district, % in the years of research

Вариант опыта	Май					Июль				Сентябрь					Совокупный эффект (за сезон)	
	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	Совокупный эффект	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	Совокупный эффект	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	Совокупный эффект	
2020 г.																
<i>Copm Ben Lear</i>																
2	–	+16,4	+73,1	+149,0	+238,4	+16,7	–32,3	+65,4	+121,0	+170,7	+21,8	–30,1	+34,6	+6,9	+33,2	+442,3
3	–	–47,3	+15,9	+80,7	+49,3	–33,0	–38,7	+8,1	+27,4	–36,1	+96,2	–32,9	–4,9	+14,5	+72,9	+86,1
4	–15,7	+54,6	+19,0	+18,3	+76,2	–18,4	+25,8	+77,7	+51,4	+136,5	–54,7	+27,4	–9,9	–34,1	–71,2	+141,5
5	–35,7	–45,5	+38,2	+77,3	+34,4	–69,0	–29,0	+16,3	+44,8	–37,0	–16,4	+17,8	–14,8	+63,1	+49,8	+47,2
<i>Copm Stevens</i>																
2	+52,2	–	+6,3	+69,2	+127,8	+21,7	+120,0	+102,3	+144,5	+388,4	+19,4	+928,2	+453,2	+342,9	+1743,6	+2259,8
3	–41,6	+111,	+9,3	+17,0	+95,8	+25,6	+260,0	+8,9	+27,7	+322,2	–30,1	–5,1	+160,0	+107,0	+231,7	+649,7
4	+74,3	–11,1	–	+71,0	+133,7	–57,3	+356,0	–	–44,9	+253,9	–46,2	+123,1	+93,4	+62,9	+233,3	+620,9
5	+36,7	–7,4	–9,1	+170,4	+190,6	–	+32,0	+26,6	+55,2	+113,7	–53,5	+5,1	+53,4	+94,2	+99,2	+403,5
2021 г.																
<i>Copm Ben Lear</i>																
2	–37,7	+27,9	+46,6	+41,5	+78,3	+55,1	+7,6	+6,9	+54,4	+124,0	–91,7	+33,8	+37,3	+35,4	+14,8	+217,1
3	–38,6	+9,8	+12,0	+19,6	+2,8	+26,5	–	–	+19,4	+45,9	–65,9	–52,9	–	+51,7	–67,1	–18,4
4	–49,7	+19,7	–	–11,1	–41,1	–59,0	–	–6,0	–11,9	–76,9	–64,6	–59,6	+67,8	+57,7	+1,3	–116,7
5	–66,3	+14,8	+10,4	+21,3	–19,8	–34,9	–21,7	–7,1	+28,0	–35,7	–66,2	–58,8	–20,3	+58,4	–86,9	–142,4
<i>Copm Stevens</i>																
2	+55,7	–37,7	+21,0	+68,4	+107,4	–23,9	–19,6	+22,8	+114,8	+94,1	–79,7	+12,9	+32,7	+31,3	–2,8	+198,7
3	+25,7	–51,3	–21,6	–	–47,2	–47,5	–35,8	–	+27,1	–56,2	+188,9	–	+44,8	+63,2	+296,9	+193,5
4	–49,3	–58,8	–31,5	–16,0	–155,6	–50,5	–17,6	–	–6,1	–74,2	+132,9	–8,1	–8,2	–	+116,6	–113,2
5	–53,3	–64,8	–16,2	+39,0	–95,3	–60,9	–34,5	+19,0	+69,8	–6,6	+78,4	–	+57,1	+72,9	+208,4	+106,5

П р и м е ч а н и е: прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с контролем при *P* > 0,05.

Таблица 4. Относительные различия с контролем вариантов полевого опыта с внесением удобрений по содержанию доступных форм основных элементов питания в торфяном субстрате под посадками виргинильной клюквы крупноплодной в начале, середине и конце вегетационного периода в Докшицком районе, % в годы исследований

Table 4. Relative differences with the control of field experiment variants with the introduction of fertilizers in the content of available forms of the main nutritional elements in the peat substrate under large-fruited virginal cranberry plantings at the beginning, middle and end of the growing season in the Dokshitsy district, % in the years of research

Вариант опыта	Май					Июль					Сентябрь					Совокупный эффект (за сезон)	
	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	Совокупный эффект	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	Совокупный эффект	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	Совокупный эффект		
2020 г.																	
<i>Copm Ben Lear</i>																	
2	-29,9	+5,6	+25,7	+35,6	+37,0	-	-11,4	+120,2	+92,9	+201,7	-20,5	+25,0	+55,1	+132,7	+192,3	+431,0	
3	-9,9	+8,3	+8,7	+33,6	+40,7	-	-36,7	+18,6	+21,7	+3,6	-	-	+16,0	+33,8	+49,8	+94,1	
4	+6,4	-22,2	+12,9	-	-2,9	-	+44,3	+37,0	+12,9	+94,2	-13,5	+91,3	-9,3	-10,9	+57,6	+148,9	
5	-13,4	-25,0	+29,9	-	-8,5	-8,2	-50,6	+32,5	-	-26,3	+9,3	+60,9	+41,4	+9,4	+121,0	+86,2	
<i>Copm Stevens</i>																	
2	-48,5	-	-19,6	+11,7	-56,4	-41,5	+26,5	+18,8	+34,2	+38,0	-31,0	-37,2	+87,7	+50,0	+69,5	+51,1	
3	-	+43,1	-27,9	+21,9	+37,1	-9,6	+86,5	-	+22,9	+99,8	+31,1	+33,5	+23,7	+34,3	+122,6	+259,5	
4	+35,0	+27,8	-	-	+62,8	-	-13,8	-11,8	+8,8	-16,8	+23,8	-8,6	+35,3	+20,9	+71,4	+117,4	
5	+21,4	+8,3	-8,2	+17,4	+38,9	+19,8	-73,8	-	+24,6	-29,4	-	-33,1	+44,1	+55,2	+66,2	+75,7	
2021 г.																	
<i>Copm Ben Lear</i>																	
2	+52,6	+30,9	+62,9	-59,7	+86,7	-42,5	+23,8	+17,0	+21,1	+19,4	-6,3	-27,7	-8,3	+15,8	-21,5	+84,6	
3	+45,1	-16,2	-12,9	-72,0	-56,0	-6,4	-26,0	-15,3	+26,2	-21,5	+152,3	-45,4	-	+6,5	+113,4	+35,9	
4	+48,2	+28,7	+32,4	-72,8	+36,5	-	-25,5	+20,2	-	-5,3	+35,3	-42,2	-8,3	-17,8	-33,0	-1,8	
5	+45,9	-	+43,6	-69,0	+20,5	-14,9	-21,6	+23,2	+6,7	-6,6	-21,3	-50,2	+8,3	+14,5	-48,7	-34,8	
<i>Copm Stevens</i>																	
2	+59,1	-30,1	+41,6	+418,3	+488,9	-	-18,7	+8,5	+25,2	+15,0	-48,5	-15,1	+19,8	+14,2	-29,6	+474,3	
3	+188,8	-	+13,3	+21,9	+224,0	-35,8	-27,3	+23,7	+61,1	+21,7	-20,2	-18,3	-8,3	+13,8	-33,0	+212,7	
4	+80,7	-16,9	+18,2	+11,2	+93,2	+11,7	+5,9	+17,0	+26,5	+61,1	-39,1	-10,8	-33,0	+16,5	-66,4	+87,9	
5	+29,0	+51,5	-6,8	+11,6	+85,3	-16,7	+47,6	-	+41,2	+72,1	-41,8	-30,6	+5,0	+11,9	-55,5	+101,9	

П р и м е ч а н и е: прочерк (-) означает отсутствие статистически значимых по *t*-критерию Стьюдента различий с контролем при *P* > 0,05.

Заметим, что в конце сезона, в отличие от весенне-летнего периода с его наиболее успешным в плане обогащения субстрата питательными элементами внесения 5%-ного МакЛора, напротив, показано доминирование отставания от контроля их содержания на 10–34 %, обусловившее получение впервые за вегетацию отрицательного совокупного эффекта. При этом на фоне внесения 10%-ного МакЛора, из-за установленного в конце сезона весьма значительного усиления накопления в субстрате обменного калия, несмотря на практически полное отсутствие различий с контролем в общем количестве усвоемого азота и даже отставание от него на 15 % в содержании подвижного фосфора, получен положительный суммарный эффект.

Что касается позднеспелого сорта клюквы, то, как и на предыдущих этапах сезонного развития, изменение агрохимического фона в его корнеобитаемой зоне под действием испытываемых агроприемов проявилось намного выразительнее, нежели у сорта Ben Lear. В отличие от раннеспелого сорта, на протяжении всего вегетационного периода 2020 г. в корнеобитаемой зоне сорта Stevens наблюдалось последовательное увеличение позитивных различий тестируемых вариантов с контролем по содержанию доступных соединений фосфора и калия при достижении максимальных значений данных различий в конце сезона. При этом на фоне внесения минерального удобрения подобный накопительный эффект установлен и для легкогидролизуемого азота, тогда как при использовании биологических удобрений имело место истощение его запасов в аммонийной форме, что подтверждалось отставанием этих вариантов опыта от контроля по данному признаку на 30–54 %. Лишь внесение 5%-ного МакЛора обеспечивало превышение контрольного уровня содержания элемента в нитратной форме на 123 %, что, впрочем, нельзя рассматривать как позитивное явление.

Как следует из табл. 3, в Смолевичском районе на протяжении вегетационного периода 2020 г. обогащение корнеобитаемой зоны торфяного субстрата основными питательными элементами относительно контроля протекало в 4,4–8,5 раза активнее под растениями позднеспелого сорта, нежели раннеспелого, что могло быть обусловлено разными причинами. Возможно, это связано с генотипическими различиями физиологических потребностей в питании у таксонов клюквы с разными сроками созревания плодов. Можно также предположить наличие у позднеспелого сорта более выраженного, чем у раннеспелого, стимулирующего действия корневых выделений на активность микроорганизмов в зоне ризогенеза, способствующего активизации перевода закрепленных в субстрате питательных элементов в легкодоступную форму. Следует заметить, что с подобными различиями минерального фона в зависимости от генотипа растений мы сталкивались также при проведении аналогичных исследований с разными таксонами голубики высокорослой [9], что указывает на наличие явной сортоспецифичности в процессе его формирования, обусловленной, возможно, различиями биологического выноса питательных элементов.

В пользу данного предположения свидетельствовали также результаты исследований в следующем вегетационном сезоне 2021 г., в начале которого во всех вариантах опыта с внесением удобрений в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта клюквы наблюдалось усиление накопления нитратного азота на 10–28 % относительно контроля на фоне ослабления такового аммонийного на 38–66 %, тогда как под растениями позднеспелого сорта наблюдалась противоположная картина – снижение содержания нитратного азота на 38–65 % при обогащении субстрата аммонийным на 26–56 %, впрочем, исключительно при использовании Экогум-комплекса и минерального удобрения (см. табл. 3). Внесение же обеих доз микробного удобрения обеспечивало сходное по величине под посадками обоих сортов клюквы обеднение корнеобитаемой зоны аммонийной формой азота, что вкупе с истощением запасов его нитратной формы под сортом Stevens приводило к ее обеднению легкогидролизуемым азотом на 108–118 % по сравнению с контролем.

Аналогичная картина наблюдалась и в отношении доступных соединений фосфора и калия при наиболее выраженном обогащении ими субстрата, как и в предыдущем сезоне, на фоне внесения минерального удобрения. Тем не менее под посадками раннеспелого сорта пополнение запасов подвижных фосфатов на 10–47 % имело место во всех вариантах опыта, кроме варианта с использованием 5%-ного МакЛора, тогда как под посадками позднеспелого сорта позитивный эффект, вдвое меньший, чем под таковыми раннеспелого, отмечен лишь на фоне внесения Basacot Plus 6, тогда как при использовании всех биологических удобрений установлено истощение запасов этого элемента на 16–32 % относительно контроля. В начале вегетационного периода 2021 г. в субстрате под посадками обоих сортов клюквы значительно слабее, чем в предыдущем сезоне, происходило также накопление обменного калия. Как следует из табл. 3, под растениями раннеспелого сорта накопительный эффект в размере 21–42 % проявился во всех вариантах опыта, кроме варианта с использованием 5%-ного МакЛора. При этом наиболее значительным, хотя и уступавшим прошлогоднему в 3,6 раза, он оказался на фоне внесения минерального удобрения, тогда как под посадками позднеспелого сорта его максимальное значение, установленное опять-таки в этом варианте опыта, было сопоставимо с таковым в предыдущем сезоне. Заметим, что у обоих сортов клюквы пополнению запасов данного элемента в субстрате на 21 и 39 % относительно контроля способствовало внесение 10%-ного МакЛора.

Различия темпов обогащения корнеобитаемой зоны основными питательными элементами в зависимости от вида удобрений заметно отразились на величине совокупного эффекта от их применения, с учетом ориентации различий тестируемых вариантов опыта с контролем. При позитивных

изменениях данного показателя наиболее значительной для обоих сортов клюквы, особенно позднеспелого, она оказалась на фоне внесения минерального удобрения, тогда как совокупный эффект от применения бактериального удобрения был отрицательным и под посадками сорта Ben Lear составлял 20–41 %, а под таковыми сорта Stevens достигал 95–156 %, что в обоих случаях свидетельствовало об отставании темпов высвобождения питательных элементов изочно связанного состояния от размеров их потребления опытными растениями. При этом на фоне обработок растений Экогумкомплексом величина положительного совокупного эффекта под посадками раннеспелого сорта была крайне незначительной, а под таковыми позднеспелого имела отрицательную направленность и составляла 47 %.

В середине вегетационного периода 2021 г. при использовании удобрений наблюдалась довольно близкая установленной на предыдущем этапе развития растений клюквы картина изменений в содержании основных питательных элементов в торфяном субстрате по сравнению с контролем. На наш взгляд, это объясняется заметным снижением потребностей культиваров в питании в связи с окончанием активной фазы вегетативного роста. Как видим, в летний период 2021 г. различия с контролем в ориентации и величине совокупного эффекта в изменении агрохимического фона под действием минерального удобрения и Экогум-комплекса были сопоставимы с таковыми в начале сезона, тогда как при внесении бактериального удобрения наблюдалось их заметное уменьшение при сохранении отрицательной направленности, наиболее значительное при использовании МакЛоРа в 10%-ной концентрации, что косвенно свидетельствовало либо о сокращении потребления питательных элементов опытными растениями на данном этапе их развития, либо об активизации функционирования микробиоты, способствовавшей их высвобождению из органического вещества торфа (см. табл. 3).

В конце вегетационного периода на фоне внесения минерального удобрения под посадками обоих сортов клюквы отмечено обеднение корнеобитаемой зоны аммонийной формой азота на 80–92 % по сравнению с контролем, тогда как при использовании биологических удобрений аналогичная, но менее выраженная картина, с отставанием от последнего на 65–66 %, наблюдалась только под сортом Ben Lear. При этом для субстрата под сортом Stevens, напротив, показано обогащение на 78–189 % аммонийным азотом, наиболее значительное при обработках растений Экогумкомплексом, что даже при отсутствии изменений в содержании нитратного азота, но вкупе с пополнением запасов подвижного фосфора и обменного калия на 45 и 63 % соответственно, обусловило получение на данном этапе наиболее значимого положительного совокупного эффекта от использования этого удобрения. Подобная картина изменения агрохимического фона в корнеобитаемой зоне позднеспелого сорта наблюдалась также при внесении 10%-ного МакЛоРа, тогда как его применение в 5%-ной концентрации не способствовало пополнению в ней запасов доступных соединений фосфора и калия, что обусловило получение вдвое меньшего, чем в предыдущем случае, положительного совокупного эффекта.

Вместе с тем в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта клюквы при применении биологических удобрений, как и в предыдущем случае, наблюдалось преимущественное усиление накопления обменного калия. Тем не менее, из-за весьма заметного истощения в нем запасов обеих форм легкогидролизуемого азота и неоднозначных изменений в содержании доступного фосфора, совокупный эффект при использовании Экогум-комплекса и 10%-ного МакЛоРа оказался отрицательным. Однако, как и годом ранее, наиболее значительный позитивный совокупный эффект за весь вегетационный период получен на фоне внесения минерального удобрения. Как следует из табл. 3, в условиях сезона 2020 г. эффективность последнего в плане обогащения торфяного субстрата основными питательными элементами превосходила таковую испытываемых биологических удобрений под сортом Ben Lear в 3–9 раз, а под сортом Stevens – в 3–6 раз при наибольших различиях на фоне внесения 10%-ного МакЛоРа и наименьших при его использовании в 5%-ной концентрации в первом случае и Экогум-комплекса во втором.

В условиях сезона 2021 г. результативность всех испытываемых агроприемов в плане обогащения субстрата питательными элементами оказалась существенно ниже по сравнению с предыдущим сезоном, что можно объяснить увеличением их потребления по мере взросления растений, а также усилением непродуктивного выноса при интенсивном выпадении осадков. При этом под посадками обоих сортов клюквы при относительной сопоставимости суммарной за сезон эффективности внесения минерального удобрения, оказавшейся в оба года исследований наиболее высокой в рамках эксперимента, ее величина уступала установленной годом ранее под сортом Ben Lear в 2 раза, а под сортом Stevens – в 11 раз.

Нетрудно убедиться, что в Смолевичском районе результативность испытываемых видов удобрений в плане обогащения торфяного субстрата питательными элементами под посадками клюквы крупноплодной в значительной мере определялась комплексным воздействием ряда факторов, в том числе погодными условиями вегетационного периода, регулирующими активность микробиологических процессов в корнеобитаемой зоне и обеспечивающими тем самым доступность растениям питательных элементов, генотипическими особенностями их потребления в зависимости от сроков

созревания плодов и стадии развития культиваров. Тем не менее в результате данных исследований установлено, что на протяжении всего периода наблюдений совокупный за вегетационный период позитивный эффект от испытываемых агроприемов под посадками позднеспелого сорта клюквы оказался значительнее, нежели под таковыми раннеспелого, при наибольшей результативности в обоих случаях внесения минерального удобрения и в меньшей степени обработка растений Экогум-комплексом.

Аналогичные исследования с виргинильными растениями модельных сортов клюквы крупноплодной в более северном Докшицком районе показали наличие определенного сходства со Смолевичским районом в изменении агрохимического фона в торфяном субстрате под действием испытываемых агроприемов, но вместе с тем выявили и некоторые региональные особенности в накоплении питательных элементов. Как следует из табл. 4, в начале вегетационного периода 2020 г., в связи с активизацией ростовых процессов у опытных растений, в большинстве вариантов опыта, как и в предыдущем эксперименте, в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта Ben Lear преобладало снижение содержания легкогидролизуемого азота при доминировании накопительных тенденций в изменении содержания подвижного фосфора и обменного калия, тогда как под посадками позднеспелого сорта Stevens, напротив, наблюдалось обогащение торфяного субстрата обеими формами доступного азота, обусловленное, скорее всего, ограничением потребления данного элемента из-за запаздывания сроков формирования его вегетативных органов. Вместе с тем в начале сезона в корнеобитаемой зоне обоих сортов клюквы, как и в Смолевичском районе, выявлено усиление накопления обменного калия, а в субстрате под раннеспелым сортом также доступных соединений фосфора. Однако в отличие от более южного района исследований, здесь при внесении минерального удобрения в обоих случаях наблюдалось обеднение субстрата легкогидролизуемым азотом на 24–49 % относительно контроля, а под посадками сорта Stevens также подвижными соединениями фосфора на 20 %. Более того, в Докшицком районе относительные различия с контролем в изменении содержания в субстрате основных питательных элементов на фоне всех испытываемых агроприемов оказались менее выражительными, нежели в Смолевичском районе, что обусловило заметное уменьшение положительного совокупного эффекта. При этом впервые в данных исследованиях в варианте опыта с применением минерального удобрения на посадках сорта Stevens этот показатель характеризовался отрицательной направленностью.

В середине вегетационного периода 2020 г. выявлено также заметное сходство с экспериментом в Смолевичском районе в трансформации агрохимического фона под посадками раннеспелого сорта при использовании удобрений. Это проявилось в существенной, а в ряде случаев и сопоставимой по величине в обоих районах исследований активизации накопления в субстрате доступных соединений фосфора и калия по сравнению с контролем, максимальной при внесении минерального удобрения, что сопровождалось его обеднением нитратной формой азота, и лишь в варианте опыта с внесением 5%-ного МакЛоРа отмечено увеличение ее содержания. Однако в отличие от предыдущего, в данном эксперименте под посадками сорта Ben Lear не обнаружено значимого расходования аммонийного азота на формирование текущего прироста надземной фитомассы, что, на наш взгляд, в условиях острого дефицита влаги в этот период обусловлено либо ограничением его потребления, либо ингибированием микробиологических процессов, обеспечивавших высвобождение элемента из органического вещества торфа. Тем не менее в обоих районах исследований при определении размеров суммарной эффективности испытываемых агроприемов в середине вегетационного периода обнаружилось явное сходство в характере межвариантных различий по данному признаку при наиболее значительном обогащении субстрата питательными элементами на фоне внесения минерального удобрения и вдвое меньшей результативности использования 5%-ного МакЛоРа (см. табл. 3, 4).

В отличие от раннеспелого сорта, в трансформации агрохимического фона в корнеобитаемой зоне позднеспелого сорта Stevens выявлено лишь частичное сходство с экспериментом в Смолевичском районе. Оно проявилось в стимулирующем влиянии испытываемых агроприемов на накопление в субстрате обменного калия при четырехкратном сокращении различий с контролем при внесении минерального удобрения, а также в подтверждении позитивных изменений в содержании нитратного азота, наблюдавшихся также при обработках растений Экогум-комплексом, хотя и выраженных в 3–4 раза слабее, чем в Смолевичском районе, и сопровождавшихся обеднением субстрата аммонийным азотом на 10–42 %. Вместе с тем внесение микробного удобрения обусловило здесь снижение запасов нитратного азота, наиболее значительное при использовании его 10%-ной концентрации, отчасти компенсируемое за счет усиления накопления аммонийной формы элемента. На наш взгляд, данные межрегиональные различия в этот период могли быть обусловлены подавлением активности бактериального удобрения в связи с более острым, чем в Смолевичском районе, дефицитом влаги. Что касается доступных соединений фосфора, то пополнение их запасов в субстрате, выраженное в 5,5 раза слабее, чем в предыдущем эксперименте, выявлено лишь на фоне внесения минерального удобрения (см. табл. 3, 4). Тем не менее в середине вегетационного периода 2020 г. общая результативность данного агроприема под посадками позднеспелого сорта клюквы имела позитивный характер, но оказалась на порядок меньшей, чем в Смолевичском районе.

Значительно большей, чем в данном случае, хотя и уступавшей таковой в последнем в 3,2 раза, она была на фоне обработок растений Экогум-комплексом, тогда как при использовании микробного препарата суммарный эффект характеризовался уже отрицательной направленностью при отставании от контроля на 17–29 %, особенно при внесении 10%-ного МакЛоРа.

В конце вегетационного периода 2020 г., в отличие от двух предыдущих этапов развития опытных растений, трансформация агрохимического фона в корнеобитаемой зоне раннеспелого сорта клюквы под действием испытываемых удобрений отличалась менее выраженным сходством с таковой в Смолевичском районе. В подтверждение этого следует отметить лишь наблюдавшееся здесь обогащение субстрата нитратным азотом на 61–91 % по сравнению с контролем, наибольшее при использовании бактериального удобрения, особенно в 5%-ной концентрации, а также обменным калием на 9–132 % во всех вариантах опыта, кроме последнего, и подвижным фосфором на 55 % при внесении минерального удобрения (см. табл. 3, 4). Вместе с тем в конце сезона суммарная эффективность большинства испытываемых агроприемов при позитивной направленности превышала таковую в Смолевичском районе в 2,5–5,8 раза. Это свидетельствовало либо о заметном сокращении размеров биологического выноса питательных элементов в более северном регионе, либо о замедлении темпов перевода их в доступные формы из-за острого дефицита влаги. Что касается позднеспелого сорта Stevens, то сходство с экспериментом в Смолевичском районе в трансформации агрохимического фона под его посадками, как и под таковыми раннеспелого сорта, проявилось лишь в поддержании исключительно накопительных тенденций в содержании подвижного фосфора и обменного калия, проявившихся здесь с наибольшей выразительностью на фоне внесения минерального удобрения и 10%-ного МакЛоРа. Однако относительные размеры превышения контрольного уровня параметров накопления данных элементов на фоне испытываемых удобрений в Докшицком районе оказались в 1,2–6,9 раза меньшими, чем в Смолевичском районе, при максимальных межрегиональных различиях при использовании минерального удобрения и Экогум-комплекса, на фоне которого наблюдалось обогащение субстрата также обеими формами легкогидролизуемого азота.

Заметим, что результативность испытываемых агроприемов в плане увеличения запасов питательных элементов под посадками позднеспелого сорта в конце вегетационного периода здесь существенно уступала таковой в более южном районе. Вместе с тем суммарная за вегетационный период 2020 г. эффективность используемых удобрений под посадками раннеспелого сорта клюквы Ben Lear оказалась сопоставимой с таковой в Смолевичском районе и характеризовалась не только положительной направленностью расхождений опытных вариантов с контролем по содержанию в субстрате питательных элементов, но и по величине данных расхождений. При этом в обоих районах исследований наиболее значительное обогащение ими корнеобитаемой зоны обеспечивало внесение минерального удобрения, а среди биологических удобрений – внесение 5%-ного МакЛоРа. Подобная эффективность испытываемых агроприемов под посадками позднеспелого сорта Stevens при положительной направленности различий с контролем по содержанию в субстрате основных питательных элементов уступала таковой в Смолевичском районе в 2,5–44 раза. При этом в обоих районах наиболее значительное обогащение ими корнеобитаемой зоны обеспечивало применение Экогум-комплекса и в меньшей степени 5%-ного МакЛоРа, а в Смолевичском районе также внесение минерального удобрения.

Как следует из табл. 3 и 4, межрегиональные различия в состоянии агрохимического фона в торфяном субстрате наиболее контрастно проявились в условиях сезона 2021 г., отмеченного существенными колебаниями температуры воздуха при остром дефиците влаги в июне и июле и ее избытке в остальные месяцы. Так, в Докшицком районе, в отличие от Смолевичского, в начале вегетационного периода в корнеобитаемой зоне обоих сортов клюквы во всех вариантах опыта наблюдалось усиление накопления аммонийного азота при неоднозначных изменениях в содержании нитратного. Наряду с этим все испытываемые удобрения, особенно минеральное, способствовали заметному усилинию по сравнению с предыдущим сезоном и с экспериментом в Смолевичском районе пополнения в торфяном субстрате запасов подвижного фосфора при противоположных изменениях в содержании обменного калия – увеличении под посадками позднеспелого сорта и снижении под таковыми раннеспелого. В результате этого величина совокупного эффекта в весенний период во всех вариантах опыта с использованием удобрений заметно превышала таковую не только в предыдущем сезоне, но и в более южном районе, что свидетельствовало об определенном ограничении потребления данных элементов преимущественно растениями сорта Stevens. На наш взгляд, это обусловлено не только сортовыми особенностями питательного режима растений клюквы с разными сроками созревания плодов, но и характером погодных условий в этот период с чрезвычайным обилием атмосферных осадков при низких температурах воздуха. На следующем этапе развития опытных растений, как и годом ранее, отмечено значительное расходование основных питательных элементов, особенно азота, на формирование их надземных органов, о чем свидетельствовало заметное, но все же менее выраженное, чем в Смолевичском районе, сокращение их запасов относительно контроля. На это

также указывали положительные значения совокупного эффекта во всех вариантах опыта с использованием удобрений под посадками сорта Stevens и существенно меньшие результирующие показатели обеднения субстрата питательными элементами при внесении микробного удобрения под посадками сорта Ben Lear.

В отличие от предыдущего сезона и более южного района исследований, в Докшицком районе в конце вегетационного периода наблюдалось заметное снижение потребления аммонийного азота растениями раннеспелого сорта, что подтверждалось не только сокращением отрицательных различий с контролем его содержания в вариантах опыта с внесением минерального удобрения и 10%-ного МаклоРа, но и весьма существенным накоплением при обработках Экогум-комплексом и при использовании 5%-ного МаклоРа. Вместе с тем для позднеспелого сорта клюквы, напротив, показано снижение на 20–48 % его содержания в субстрате по сравнению с контролем, сочетавшееся у обоих сортов со значительным истощением запасов нитратного азота (см. табл. 4). Обеднение торфяного субстрата легкогидролизуемым азотом в конце вегетационного периода, скорее всего, обусловлено не столько его потреблением растениями клюквы, сколько непродуктивным выносом данного высокоподвижного элемента за пределы корнеобитаемой зоны на фоне чрезвычайно высокого количества атмосферных осадков. В пользу данного предположения свидетельствует также более выраженное, чем в предыдущем сезоне, и более значительное, чем в Смолевичском районе, обеднение субстрата под посадками обоих сортов клюквы доступными соединениями фосфора и калия, что обусловило получение суммарного отрицательного эффекта от применения испытываемых удобрений (см. табл. 4). Лишь на фоне обработок растений раннеспелого сорта Экогум-комплексом, в результате трудно поддающегося объяснению высокого содержания в нем на данном этапе аммонийного азота, в 2,5 раза превышавшего таковое в контроле, результирующий показатель его эффективности в конце сезона оказался положительным.

Заключение. В результате исследования в 2020 и 2021 г. в опытной культуре в географически удаленных на 250 км друг от друга Смолевичском районе Минской области и в более северном Докшицком районе Витебской области на рекультивируемых участках торфяной выработки верхового типа влияния минерального Basacot Plus 6 ($N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д. в.) и отечественных биологических удобрений – азотфикссирующего и фосфатомобилизующего микробного МаклоР в 5%-ной и 10%-ной концентрациях, а также органо-минерального Экогум-комплекса на агрохимические свойства субстрата под посадками растений клюквы крупноплодной – раннеспелого Ben Lear и позднеспелого Stevens – в рамках идентичных полевых экспериментов установлено, что в оба сезона все испытываемые агроприемы способствовали его заметному обогащению питательными элементами. В Смолевичском районе на протяжении вегетационного периода 2020 г. оно протекало в 4,4–8,5 раза активнее под растениями позднеспелого сорта, нежели раннеспелого, причем эффективность минерального удобрения в накоплении последних превосходила таковую биологических под сортом Ben Lear в 3–9 раз, а под сортом Stevens – в 3–6 раз при наибольших различиях на фоне внесения 10%-ного МаклоРа и наименьших при его использовании в 5%-ной концентрации в первом случае и Экогум-комплекса во втором.

В условиях сезона 2021 г. результативность всех испытываемых агроприемов в обогащении торфяного субстрата питательными элементами существенно уступала таковой в предыдущем сезоне в связи с увеличением размеров их потребления (биологического выноса) при взрослении растений, а также из-за непродуктивного выноса на фоне обильного выпадения осадков. При относительной сопоставимости в оба сезона эффективности минерального удобрения под посадками обоих сортов клюквы, оказавшейся наиболее высокой в рамках эксперимента, ее величина уступала установленной годом ранее под сортом Ben Lear в 2 раза, а под сортом Stevens – в 11 раз. Показано, что применение биологических удобрений под посадками раннеспелого сорта клюквы в данном сезоне оказалось неэффективным, поскольку итоговый за вегетационный период показатель разнонаправленных изменений в их содержании относительно контроля был отрицательным с наименьшим значением при обработках растений Экогум-комплексом и наибольшим при внесении 10%-ного МаклоРа, тогда как под посадками позднеспелого сорта влияние биологических удобрений на состояние агрохимического фона в основном имело позитивный характер, особенно при использовании 10%-ного МаклоРа. При этом в Докшицком районе общая за вегетационный период эффективность испытываемых удобрений в плане обогащения субстрата питательными элементами относительно контроля под посадками сорта Ben Lear была сопоставима с таковой в Смолевичском районе, а под посадками сорта Stevens уступала ей в 2,5–44 раза.

Таким образом, все испытываемые удобрения способствовали обогащению субстрата основными питательными элементами по сравнению с контролем, тогда как степень данного обогащения определялась географическим положением района исследований, погодными условиями вегетационного периода, генотипом опытных растений и стадией их сезонного развития. Тем не менее, независимо от всех обозначенных факторов, в большинстве случаев наиболее результативным в этом плане следовало признать внесение минерального удобрения, а среди биологических удобрений – использование Экогум-комплекса и 5%-ного МаклоРа.

Список использованных источников

1. Буткус, В. Обогащение ресурсов клюквы / В. Буткус // Вопросы структурной и функциональной реабилитации. – Вильнюс, 1980. – С. 27–29.
2. Костенко, Н. Я. Некоторые приемы мобилизации потенциального плодородия выработанных торфяников низинного типа : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.533 / Н. Я. Костенко ; Львов. с.-х. ин-т. – Львов, 1970. – 137 с.
3. Крещапова, В. Н. Генетические особенности и оценка плодородия выработанных торфяников России / В. Н. Крещапова // Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель : доклады Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та мелиорации и луговодства НАН Беларуси и 95-летию со дня рожд. акад. С. Г. Скоропанова, Минск, 20–22 сент. 2005 г. / Нац. науч. Беларуси, М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Ин-т мелиорации и луговодства НАН Беларуси. – Минск, 2005. – С. 175–181.
4. Пацевич, В. Г. Фракционный состав фосфатов и доступность фосфора для растений в почвах выработанных торфяников Ленинградской области : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / В. Г. Пацевич. – Л., 1984. – 134 с.
5. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения аммиачного азота : ГОСТ 27894.3-88. – Введ. 01.01.90. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 11 с.
6. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения нитратного азота : ГОСТ 27894.4-88. – Введ. 01.01.90. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 13 с.
7. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм фосфора : ГОСТ 27894.5-88. – Введ. 01.01.90. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 8 с.
8. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения подвижных форм калия : ГОСТ 27894.6-88. – Введ. 01.01.90. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 5 с.
9. Эффективность микробных удобрений при возделывании голубики на выработанных торфяниках Беларуси / Ж. А. Рупасова. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 236 с.

References

1. Butkus V. *Enrichment of cranberry resources* [Enrichment of cranberry resources]. *Voprosy strukturnoj i funkcional'noj reabilitacii*. Vilnius, 1980, pp. 27–29. (in Russian)
2. Kostenko N. Ya. *Nekotorye priemy mobilizacii potencial'nogo plodorodiya vyrabotannyh torfyanikov nizinnogo tipa* [Some methods of mobilizing the potential fertility of developed lowland peatlands. Cand. of agro. sci. diss.]. Lviv, 1970, 137 p. (in Russian)
3. Kreshtapova V. N. *Geneticheskie osobennosti i ocenka plodorodiya vyrabotannyh torfyanikov Rossii* [Genetic characteristics and fertility assessment of developed peatlands in Russia]. *Povyshenie effektivnosti melioracii sel'skohozyajstvennyh zemel'*: dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 75-letiyu In-ta melioracii i lugo-vodstva NAN Belarusi i 95-letiyu so dnya rozhd. akad. S. G. Skoropanova [Proc. of the Int. sci. and pract. conf. dedicated to the 75th anniversary of the Inst. of Land Reclamation and Meadow Science of the NAS of Belarus and the 95th anniversary of the birth of Academician S. G. Skoropanov "Improving the efficiency of agricultural land reclamation"]. Minsk, 2005, pp. 175–181. (in Russian)
4. Patsevich V. G. *Frakcionnyj sostav fosfatov i dostupnost' fosfora dlya rastenij v pochvah vyrabotannyh torfyanikov Leningradskoj oblasti*. Diss. cand. s.-h. nauk [The fractional composition of phosphates and the availability of phosphorus for plants in the soils of the exhausted peat bogs of the Leningrad region. Cand. of agro. sci. diss.]. Leningrad, 1984, 134 p. (in Russian)
5. GOST 27894.3-88. *Torf i produkty ego pererabotki dlya sel'skogo hozyajstva. Metody opredeleniya ammiachnogo azota* [State Standard 27894.3-88. Peat and its processed products for agriculture. Methods for determination of ammonia nitrogen]. Moscow, Standart Publ., 1989, 11 p. (in Russian)
6. GOST 27894.4-88. *Torf i produkty ego pererabotki dlya sel'skogo hozyajstva. Metody opredeleniya nitratnogo azota* [State Standard 27894.4-88. Peat and its processed products for agriculture. Methods for determination of nitrate nitrogen]. Moscow, Standart Publ., 1989, 13 p. (in Russian)
7. GOST 27894.5-88. *Torf i produkty ego pererabotki dlya sel'skogo hozyajstva. Metody opredeleniya podvizhnyh form fosfora* [State Standard 27894.5-88. Peat and its processed products for agriculture. Methods for determining mobile forms of phosphorus]. Moscow, Standart Publ., 1989, 8 p. (in Russian)
8. GOST 27894.6-88. *Torf i produkty ego pererabotki dlya sel'skogo hozyajstva. Metody opredeleniya podvizhnyh form kaliya* [State Standard 27894.6-88. Peat and its processing products for agriculture. Methods for determining mobile forms of potassium]. Moscow, Standart Publ., 1989, 5 p. (in Russian)
9. Rupasova J. A. *Effektivnost' mikrobnyh udobrenij pri vozdelivanii golubiki na vyrabotannyh torfyanikah Belarusi* [Efficiency of microbial fertilizers in blueberry cultivation on depleted peatlands in Belarus]. Minsk, Belaruskaya Navuka Publ., 2020, 236 p. (in Russian)

Информация об авторах

Рупасова Жанна Александровна – доктор биологических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, профессор, главный научный сотрудник, ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Беларусь). E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

Information about the authors

Zhanna A. Rupasova – Dr. Sc. (Biological), Corresponding Member of the NAS of Belarus, Professor, Chief Researcher, State Scientific Institution "Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus" (2v, Surganova Str., 220012, Minsk, Belarus). E-mail: J.Rupasova@cbg.org.by

Яковлев Александр Павлович – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией экологической физиологии и химии растений, ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларусь» (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Беларусь). E-mail: yakovlev@cbg.org.by

Коломиец Эмилия Ивановна – доктор биологических наук, академик НАН Беларуси, профессор, генеральный директор, ГНПО «Химический синтез и биотехнологии» (ул. Академика Купревича, 2, 220084, г. Минск, Беларусь). E-mail: kolomiets@biotech.bas-net.by

Алещенко Зинаида Михайловна – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларусь» (ул. Академика Купревича, 2, 220084, г. Минск, Беларусь). E-mail: aleschenkova@mbio.bas-net.by

Картыжова Лилия Евгеньевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларусь» (ул. Академика Купревича, 2, 220084, г. Минск, Беларусь). E-mail: aleschenkova@mbio.bas-net.by

Зимич Светлана Павловна – младший научный сотрудник, ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларусь» (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Беларусь). E-mail: antohina_lana@mail.ru

Вашкевич Марина Николаевна – младший научный сотрудник, ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларусь» (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Беларусь). E-mail: marivashkevich@yandex.by

Авраменко Станислав Николаевич – младший научный сотрудник, ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларусь», (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Беларусь). E-mail: auramekastas@gmail.com

Лешков Алексей Александрович – младший научный сотрудник, ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларусь» (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Беларусь). E-mail: yakovlev@cbg.org.by

Aleksandr P. Yakovlev – Ph. D. (Biology), Associate Professor, Head of the Laboratory of Ecological Physiology and Chemistry of Plants, State Scientific Institution "Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus" (2v, Surganova Str., 220012, Minsk, Belarus). E-mail: yakovlev@cbg.org.by

Emilia I. Kolomiets – Dr. Sc. (Biological), Academician of the NAS of Belarus, Professor, General Director, State Scientific and Production Association "Chemical Synthesis and Biotechnology" (2, Akademika Kuprevicha Str., 220084, Minsk, Belarus). E-mail: kolomiets@biotech.bas-net.by

Zinaida M. Aleshchenkova – Dr. Sc. (Biological), Professor, Chief Researcher, State Scientific Institution "Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus" (2, Akademika Kuprevicha Str., 220084, Minsk, Belarus). E-mail: aleschenkova@mbio.bas-net.by

Liliya E. Kartyzhova – Ph. D. (Biology), Leading Researcher, State Scientific Institution "Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus" (2, Akademika Kuprevicha Str., 220084, Minsk, Belarus). E-mail: aleschenkova@mbio.bas-net.by

Svetlana P. Zimich – Junior Researcher, State Scientific Institution "Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus" (2v, Surganova Str., 220012, Minsk, Belarus). E-mail: antohina_lana@mail.ru

Marina N. Vashkevich – Junior Researcher, State Scientific Institution "Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus" (2v, Surganova Str., 220012, Minsk, Belarus). E-mail: marivashkevich@yandex.by

Stanislav N. Avramenko – junior researcher at the laboratory of plant chemistry of the State Scientific Institution "Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus" (2v, Surganova Str., 220012, Minsk, Belarus). E-mail: auramekastas@gmail.com

Aleksey A. Leshkov – Junior Researcher, State Scientific Institution "Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus" (2v, Surganova Str., 220012, Minsk, Belarus). E-mail: yakovlev@cbg.org.by