

*ISSN 2221-9927*

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК БЕЛАРУСИ ПО БИОРЕСУРСАМ»

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ  
ИМЕНИ В. Ф. КУПРЕВИЧА НАН БЕЛАРУСИ»

ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

«БЕЛОРУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ФИЗИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ

# **БОТАНИКА**

**(ИССЛЕДОВАНИЯ)**

Выпуск 49

Минск  
«Колорград»  
2020

**Ботаника (исследования)** : Сборник научных трудов. Выпуск 49 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2020. – 424 с.  
ISSN 2221-9927.

В сборнике представлены оригинальные научные статьи белорусских ученых из ведущих научно-исследовательских учреждений Национальной академии наук и ВУЗов Беларуси, содержащие результаты экспериментальных исследований, теоретических и практических разработок в широком спектре направлений ботанической науки, физиологии и экологии растений.

Публикуемые в сборнике научные статьи рецензируются ведущими специалистами в области ботаники, экологии, физиологии и биохимии растений.

**Редакционная коллегия :**

акад. НАН Беларуси, проф. Н. А. Ламан  
акад. НАН Беларуси, проф. В. И. Парфенов  
д. б. н., проф. Н. Г. Аверина  
к. б. н. Д. Г. Груммо  
д. б. н., проф. В. В. Карпук  
к. б. н. Н. А. Копылова  
д. б. н. Г. Ф. Рыковский  
д. б. н. В. Н. Прохоров  
к. б. н. А. В. Пугачевский  
д. б. н. В. В. Сарнацкий

**Научные редакторы :**

акад. НАН Беларуси, проф. Н. А. Ламан  
акад. НАН Беларуси, проф. В. И. Парфенов

**Ответственный секретарь**

к. б. н. Т. А. Будкевич

**ISSN 2221-9927**

© ГНУ «Институт экспериментальной ботаники  
им. В. Ф. Купревича», 2020  
© Оформление. ООО «Колорград», 2020

220072, г. Минск, ул. Академическая, 27,  
Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси.  
Факс +375 (17) 322-18-53, e-mail: nan-botany@yandex.by

Ж. А. РУПАСОВА<sup>1</sup>, А. П. ЯКОВЛЕВ<sup>1</sup>, Г. И. БУЛАВКО<sup>1</sup>,  
П. Н. БЕЛЫЙ<sup>1</sup>, В. С. ЗАДАЛЯ<sup>1</sup>, В. И. ДОМАШ<sup>2</sup>, С. Г. АЗИЗБЕКЯН<sup>3</sup>,  
И. И. ЛИШТВАН<sup>4</sup>, Т. М. КАРБАНОВИЧ<sup>5</sup>

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ  
МИКРОБИОТЫ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ  
ПОД ПОСАДКАМИ ГОЛУБИКИ НА ВЫРАБОТАННОМ  
ТОРФЯНИКЕ НИЗИННОГО ТИПА**

<sup>1</sup>Центральный ботанический сад НАН Беларуси

<sup>2</sup>Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича  
НАН Беларуси, г. Минск

<sup>3</sup>Институт физико-органической химии НАН Беларуси

<sup>4</sup>Институт природопользования НАН Беларуси

<sup>5</sup>Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

**Введение.** В связи с разработкой технологии фиторекультивации вышедших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений низинного типа на основе создания локальных агроценозов интродуцированных сортов голубики высокорослой, особого внимания заслуживают вопросы оптимизации минерального питания данной культуры. Учитывая возможное влияние используемых при этом удобрений на формирование и функционирование микробоценозов под посадками культивируемых растений, представлялось необходимым дать комплексную оценку влияния на основные микробиологические характеристики корнеобитаемой зоны субстрата не только традиционно применяемого полного минерального удобрения [15], но и новых экологичных видов отечественных органических удобрений – Экосила, содержащего природный комплекс тригерпеновых кислот [17], и Гидрогумата, действующим веществом которого являются гуматы – водорастворимые соли гуминовых кислот [16]. Применение этих препаратов, на наш взгляд, является особо актуальным в связи с принятым в 2018 г. в республике Законом об органическом земледелии, существенно ужесточающим требования к качеству экологически чистой растениеводческой продукции, при производстве которой запрещено использование любых химических средств, в том числе минеральных удобрений. Наряду с этим представлялось целесообразным испытание на растениях голубики отечественного микроудобрения Наноплант-8, включающего 8 микроэлементов – Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, и являющегося совместной разработкой Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича и Института физико-органической химии НАН Беларуси [1]. Предварительные испытания данного препарата на сорте *Bluecrop V. corymbosum* на среднеокультуренной дерново-подзолистой почве в Ганцевичском р-не Брестской обл. подтвердили его высокую эффективность в плане увеличения урожайности и биометрических характеристик плодов, а также повышения содержания в них ряда биологически активных соединений с высокой антиоксидантной активностью [6].

В связи с этим в 2017–2018 гг. в рамках проекта БРФФИ «Научное обоснование базовых элементов технологии фиторекультивации выработанных торфяных месторождений низинного типа на основе культивирования голубики и жимолости» на рекультивируемых участках торфяной залежи были выполнены сравнительные исследования основных характеристик микробоценозов под посадками разновозрастных растений голубики на фоне применения вышеуказанных препаратов и минеральных удобрений.

**Объекты и методы исследования.** Экспериментальная часть исследований выполнена в 2017–2018 гг. на базе фермерского хозяйства «Иосифович» в Кличевском районе Могилевской обл. и соседствующего с ним торфопредприятия «Березинское» в Березинском районе Минской обл. Годы исследований характеризовались выраженными контрастами погодных условий вегетационного периода, характеризовавшегося в 2017 г. близким к средней многолетней норме гидротермическим режимом. Вегетационный период 2018 г. на всем протяжении был отмечен аномально жаркой погодой с превышением на 5–50% средних многолетних температурных показателей при существенном дефиците атмосферных осадков.

Полевые опыты были заложены на расположенных на расстоянии примерно 60 км друг от друга участках среднекислого ( $pH_{KCl} - 5,2-5,3$ ), малоплодородного, содержащего в мг/кг: аммонийного и нитратного азота 114–200 и 26–110,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  130–135 и 50–93 соответственно, полностью лишённого растительности остаточного слоя донного торфа высокой степени разложения, представленного тростниково-осоковой ассоциацией.

В качестве объектов исследований в Березинском районе Минской обл. были использованы высаженные в 2015 г. генеративные 4-летние растения 3 модельных сортов *V. corymbosum* L. разных сроков созревания – раннеспелый *Northcountry* и среднеспелые *Bluecrop* и *Northland*. В Кличевском районе Могилевской обл. в качестве опытных объектов были привлечены высаженные в 2017 г. виргинильные двулетние растения тех же, что и в Березинском районе, модельных сортов *V. corymbosum*.

Схема полевых опытов в обоих районах исследований была идентичной и включала 5 вариантов в пятикратной повторности:

1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – луночное внесение под опытные растения в мае и июне полного минерального удобрения NPK 16:16:16 кг/га д.в., или 5 г на 1 растение; 3 – некорневая обработка опытных растений препаратом Наноплант; 4 – луночное внесение под опытные растения препарата Гидрогумат методом полива; 5 – некорневая обработка опытных растений препаратом Экосил. В каждом варианте опыта было высажено по 25 растений каждого сорта голубики.

В качестве полного минерального удобрения использовали «Растворин» марки «Б». Обработку надземных органов растений Экосилом проводили дважды за вегетационный период. Первый раз ее осуществляли в утренние часы в конце первой декады июня, второй раз – в конце первой декады июля. Для приготовления рабочего раствора эмульсию Экосила (0,5 мл, или 15 капель), разводили в 3 л теплой воды (40–50 °С), после чего доводили до необходимого объема водой комнатной температуры и тща-

тельно перемешивали. Расход рабочей жидкости при некорневой подкормке составлял 120 мл/растение. Луночное внесение Гидрогумата проводили в те же сроки, что и при использовании препарата Экосил. Для приготовления рабочего раствора 40 мл эмульсии Гидрогумата растворяли в 10 л воды. Расход рабочей жидкости при поливе составлял 0,5 л/растение. В отличие от двух предыдущих препаратов, обработка опытных растений Наноплантом производилась, кроме обозначенных выше сроков, еще и в середине июня, то есть трижды за вегетационный период. Для приготовления рабочего раствора 30 капель препарата растворяли в 3 л воды. Расход рабочей жидкости при некорневой обработке составлял 120 мл/растение.

Поскольку при показателе pH 5,5 единиц и выше растения голубики высокорослой, как правило, испытывают недостаток азота из-за нарушения условий жизнедеятельности микоризы – гриба, составляющего симбиоз с корневой системой и снабжающего её питательными веществами, то для устранения возможного дефицита данного элемента проводили периодическое подкисление субстрата коллоидной серой, которую равномерно распределяли вокруг опытных растений, внося ее в увлажненный торф в количестве 20 г/растение. В первый год обработку серой проводили в июне, спустя месяц после закладки эксперимента, во второй – в мае, одновременно с применением минеральных и органических удобрений.

Определение микробной биомассы в торфяном субстрате осуществляли дважды за вегетационный период с использованием физиологического метода [9]. Значение метаболического коэффициента вычисляли как отношение микробной биомассы, заключенной в 1 г субстрата, к количеству выделенной ею в течение часа углекислоты [2]. Деструкционную активность почвенных микроорганизмов определяли по степени разложения целлюлозы в контролируемых (лабораторных) условиях по методу, основанному на определении активности целлюлазы [4].

Все измерения и определения осуществляли в 3-5-кратной повторности с последующей статистической обработкой данных с использованием стандартных методов вариационной статистики в программах *STATISTICA v. 6.0*, *Microsoft Office Excel 2007*.

**Результаты и их обсуждение.** Общеизвестно, что почвенные микроорганизмы, благодаря участию в минерализации органических остатков, способствуют высвобождению основных элементов питания из прочносвязанного состояния и переводу их в легкодоступные растениям формы [7, 21]. Сформированный при этом специфичный для каждого типа субстрата комплекс микроорганизмов использует прижизненные корневые выделения растений, а также опад их надземной и подземной фитомассы [11]. При этом численность и групповой состав микрофлоры торфяного субстрата в значительной степени определяются климатическими условиями региона, а также характером растительного покрова и стадией развития растений [18].

Логично предположить, что различия механизмов действия испытываемых нами видов удобрений могли оказать определенное влияние на формирование микробоценозов корнеобитаемой зоны субстрата. Поскольку каждому растению свойственны индивидуальные количество

и качественный состав прижизненных корневых выделений, заметно изменяющихся в течение сезона, то, в зависимости от таксономического состава агроценоза, в торфяном субстрате будет формироваться микробиоценоз с определенной активностью [5]. В связи с этим в наших исследованиях с применением минеральных и органических удобрений под разновозрастные (виргинильные и генеративные) растения голубики существенное влияние на формирование микробиоты корнеобитаемого слоя субстрата должны были оказывать, наряду с гидротермическим режимом сезона и уровнем агрохимического обеспечения, генотип и фаза сезонного развития растений.

Общеизвестно, что важнейшей характеристикой микробиоценоза является величина биомассы активно функционирующих в нем микроорганизмов [13], для определения которой широко используется физиологический метод [20]. По нашим оценкам, в период наблюдений под посадками виргинильных растений голубики запасы активно функционирующей микробной биомассы в корнеобитаемом слое остаточного слоя торфяной залежи варьировались в рамках эксперимента в пределах 190–560 мкг С/г (табл. 1) при наиболее высоких значениях во втором сезоне у сортов *Bluecrop* и *Northland* и что было сопоставимо с результатами, полученными нами в аналогичный период под посадками данной культуры на верховом торфе в эксперименте с внесением минеральных и микробных удобрений [19]. При этом и в том, и в другом случае были выявлены весьма выразительные межвариантные, а также внутри- и межсезонные различия массы ФАМ, обусловленные как индивидуальными условиями функционирования микробиоценозов на фоне испытываемых агроприемов, так и существенным влиянием на численность микроорганизмов метеорологических факторов.

Обращает на себя внимание, что независимо от генотипа опытных растений, на протяжении вегетационного периода 2018 г. с его повышенным температурным фоном и дефицитом осадков, как и в упомянутых выше исследованиях с использованием на данной культуре микробных удобрений, в столь же экстремальных погодных условиях 2016 г., но на более бедном питательными элементами верховом торфе, во всех вариантах опыта происходило увеличение массы ФАМ в 1,1–2,0 раза, наиболее выраженное под сортом *Northland* (табл. 2).

На наш взгляд, в обоих случаях это было обусловлено оптимизацией к концу сезона температурного режима субстрата при достаточном увлажнении его корнеобитаемого слоя. Некоторые же генотипические различия в увеличении к осени данного показателя, скорее всего, обусловлены индивидуальными особенностями биохимического состава фитомассы и экссудатов опытных таксонов голубики. На наш взгляд, в обоих случаях это было обусловлено оптимизацией к концу сезона температурного режима субстрата при достаточном увлажнении его корнеобитаемого слоя. Некоторые же генотипические различия в увеличении к осени данного показателя, скорее всего, обусловлены индивидуальными особенностями биохимического состава фитомассы и экссудатов опытных таксонов голубики

**Таблица 1.** Основные характеристики микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта в начале и в конце вегетационного периода под посадками виргинильных растений *V. corymbosum* в годы исследований

Вариант опыта	Показатели					
	С <sub>биом</sub> , мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг CO <sub>2</sub> /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
<b>Сорт Northcountry</b>						
<b>2017 год</b>						
<b>Контроль</b>	Не опр.	388,2±9,9	Не опр.	61,2±0,7	Не опр.	0,13
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	<- <	363,8±10,3	<- <	67,6±1,2*	<- <	0,16*
Наноплант	<- <	377,4±23,7	<- <	82,2±1,6*	<- <	0,18*
Гидрогумат	<- <	235,7±17,5*	<- <	60,6±1,2	<- <	0,22*
Экосил	<- <	365,8±23,0	<- <	77,8±1,6*	<- <	0,18*
<b>2018 год</b>						
<b>Контроль</b>	197,8±16,7	317,3±8,1	35,9±2,2	61,2±0,7	0,18	0,16
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	220,7±15,5	297,4±8,4	45,9±3,6*	65,9±1,6*	0,21*	0,19*
Наноплант	192,1±11,4	308,5±19,4	42,8±2,1*	82,2±1,6*	0,23*	0,23*
Гидрогумат	208,7±14,3	229,9±17,1*	50,2±3,5*	79,5±6,6*	0,25*	0,29*
Экосил	201,8±9,8	294,5±18,5	47,8±1,7*	76,6±1,6*	0,24*	0,22*
<b>Сорт Bluecrop</b>						
<b>2017 год</b>						
<b>Контроль</b>	Не опр.	343,3±10,0	Не опр.	16,4±0,7	Не опр.	0,09
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	<- <	294,1±10,4*	<- <	12,7±0,7*	<- <	0,07*
Наноплант	<- <	296,6±12,0*	<- <	17,1±0,7	<- <	0,09
Гидрогумат	<- <	340,3±21,4	<- <	14,6±0,6*	<- <	0,11*
Экосил	<- <	369,1±13,2*	<- <	12,7±0,6*	<- <	0,06*
<b>2018 год</b>						
<b>Контроль</b>	306,5±10,3	367,8±18,8	43,8±1,3	32,9±3,8	0,12	0,08
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	261,7±16,4*	388,0±24,7	45,8±3,9	49,9±3,7*	0,15*	0,11*
Наноплант	323,2±18,9	544,9±28,7*	47,5±1,3*	48,3±1,4*	0,12	0,08
Гидрогумат	304,6±19,1	505,1±28,7*	49,8±3,9*	41,6±1,4*	0,14*	0,07
Экосил	296,5±12,1	561,7±22,9*	40,9±3,6	51,0±7,2*	0,12	0,08
<b>Сорт Northland</b>						
<b>2017 год</b>						
<b>Контроль</b>	Не опр.	335,2±19,8	Не опр.	73,3±1,6	Не опр.	0,19
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	<- <	346,9±21,8	<- <	75,6±1,5	<- <	0,18
Наноплант	<- <	348,4±21,9	<- <	70,4±1,5	<- <	0,18
Гидрогумат	<- <	406,4±23,7*	<- <	84,2±2,8*	<- <	0,18
Экосил	<- <	365,8±21,3*	<- <	68,6±1,5*	<- <	0,16*

Вариант опыта	Показатели					
	С <sub>биом</sub> , мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг СО <sub>2</sub> /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
<b>2018 год</b>						
<b>Контроль</b>	361,9±14,7	497,9±39,1	46,3±1,4	35,5±0,7	0,11	0,06
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	257,7±15,0*	525,6±22,6	45,4±2,4	29,4±1,4*	0,15*	0,05
Наноплант	350,5±15,1	476,2±11,1	45,5±1,1	29,0±1,4*	0,11	0,05
Гидрогумат	270,6±44,2*	548,9±22,4*	39,6±4,0*	30,9±0,9*	0,12	0,05
Экосил	264,3±55,6*	525,8±22,6	53,5±1,4*	25,1±0,7*	0,17*	0,04*

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

**Таблица 2.** Кратный размер изменения микробиологических характеристик корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта к концу вегетационного периода под посадками виргинильных растений *V. corymbosum*. 2018 г.

Вариант опыта	Показатели		
	С <sub>биом</sub> , мкг С/г торфа,	дыхание почвы, мкг СО <sub>2</sub> /г торфа в сутки	метаболический коэффициент, %
<b>Сорт Northcountry</b>			
Контроль	>1,6	>1,7	<1,1
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	>1,3	>1,4	<1,1
Наноплант	>1,6	>1,9	–
Гидрогумат	>1,1	>1,6	>1,2
Экосил	>1,5	>1,6	<1,1
<b>Сорт Bluecrop</b>			
Контроль	>1,2	<1,3	<1,5
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	>1,5	>1,1	<1,4
Наноплант	>1,7	–	<1,5
Гидрогумат	>1,7	<1,2	<2,0
Экосил	>1,9	>1,2	<1,5
<b>Сорт Northland</b>			
Контроль	>1,4	<1,3	<1,8
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	>2,0	<1,5	<3,0
Наноплант	>1,4	<1,6	<2,2
Гидрогумат	>2,0	<1,3	<2,4
Экосил	>2,0	<2,1	<4,3

Примечание. \*Прочерк (–) означает отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента изменений при p<0,05.



Вместе с тем полученные в эксперименте на низинном торфе в условиях сезона 2018 г. значения массы ФАМ оказались существенно выше прошлогодних, что можно объяснить активизацией микробиологических процессов в субстрате с увеличением возраста культурваров. Однако несмотря на определенную общность тенденций в динамике массы ФАМ в корнеобитаемой зоне субстрата в рамках эксперимента, выявленные при этом межвариантные различия убедительно свидетельствовали об индивидуальном характере влияния испытываемых агроприемов на жизнедеятельность микробиоты остаточного слоя торфяной залежи.

Наиболее объективное представление о степени данного влияния в начале и конце вегетационного периода в годы наблюдений можно составить на основе сопоставления относительных различий с контролем микробной биомассы в отдельных вариантах опыта, показавшего весьма неоднозначную картину выявленных различий (табл. 3). Так, в условиях сезона 2018 г. в весенний период, для которого, как правило, характерна наибольшая активность микробоценозов в субстрате и ростовых процессов у культурваров, под посадками всех таксонов голубики ни в одном варианте опыта не было установлено превышения контрольного уровня численности ФАМ. Более того, при отсутствии под сортами *Northcountry* и *Bluecrop* достоверных различий с контролем по данному признаку, под сортом *Northland* отмечено преимущественное его отставание от контроля на 25–29%. На наш взгляд, это могло быть связано с усилением конкуренции между культивируемыми растениями и микроорганизмами за элементы минерального питания. Очевидно, темпы переработки органического вещества торфа и высвобождения из него питательных элементов в данный период уступали скорости их потребления теми и другими организмами. Это приводило к снижению микробной биомассы в зоне ризогенеза за счет сокращения численности менее конкурентоспособных видов.

В конце вегетационного периода темпы накопления биомассы ФАМ в значительной степени определялись характером погодных условий сезона и генотипом опытных растений. Так, если под посадками сорта *Northcountry* в большинстве случаев не было выявлено достоверных различий с контролем по этому показателю, а при использовании Гидрогумата его значения даже уступали контрольным на 28–39%, то под посадками сорта *Bluecrop* отмечено доминирование противоположной тенденции, наиболее выраженное в условиях сезона 2018 г. При этом лишь при внесении  $N_{16}P_{16}K_{16}$  величина микробной биомассы была сопоставима с таковой в контроле, тогда как в остальных вариантах опыта она превосходила ее на 37–53%, особенно при использовании Экосила. Заметим, что и в предыдущем сезоне обработки препаратом обусловили хотя и менее выраженное, но все достоверное превышение контрольного уровня численности ФАМ на 8%, тогда как в остальных случаях отмечено ее снижение на 14%. Что касается сорта *Northland*, то в оба года наблюдений только использование Гидрогумата, а в 2017 г. также Экосила способствовало увеличению микробной биомассы на 9–21% относительно контроля при отсутствии ее достоверных изменений в остальных вариантах опыта.

**Таблица 3.** Относительные различия с контролем основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта с применением удобрений в начале и в конце вегетационного периода под посадками виргинильных растений *V. corymbosum* в годы исследований

Вариант опыта	Показатели					
	С <sub>биом.</sub> мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг CO <sub>2</sub> /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
<b>Сорт Northcountry</b>						
<b>2017 год</b>						
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	Не опр.	–	Не опр.	<b>+10,5</b>	Не опр.	<b>+23,1</b>
Наноплант	«– «	–	«– «	<b>+34,3</b>	«– «	<b>+38,5</b>
Гидрогумат	«– «	–39,3	«– «	–	«– «	<b>+69,2</b>
Экосил	«– «	–	«– «	<b>+27,1</b>	«– «	<b>+38,5</b>
<b>2018 год</b>						
N16P16K16	–	–	<b>+27,9</b>	<b>+7,7</b>	<b>+16,7</b>	<b>+18,8</b>
Наноплант	–	–	<b>+19,2</b>	<b>+34,3</b>	<b>+27,8</b>	<b>+43,8</b>
Гидрогумат	–	–27,5	<b>+39,8</b>	<b>+29,9</b>	<b>+38,9</b>	<b>+81,3</b>
Экосил	–	–	<b>+33,1</b>	<b>+25,2</b>	<b>+33,3</b>	<b>+37,5</b>
<b>Сорт Bluecrop</b>						
<b>2017 год</b>						
N16P16K16	Не опр.	–14,3	Не опр.	–22,6	Не опр.	–22,2
Наноплант	«– «	–13,6	«– «	–	«– «	–
Гидрогумат	«– «	–	«– «	–11,0	«– «	<b>+22,2</b>
Экосил	«– «	+7,5	«– «	–22,6	«– «	–33,3
<b>2018 год</b>						
N16P16K16	–14,6	–	–	<b>+51,7</b>	<b>+25,0</b>	<b>+37,5</b>
Наноплант	–	<b>+48,2</b>	<b>+8,4</b>	<b>+46,8</b>	–	–
Гидрогумат	–	<b>+37,3</b>	<b>+13,7</b>	<b>+26,4</b>	<b>+16,7</b>	–
Экосил	–	<b>+52,7</b>	–	<b>+55,0</b>	–	–
<b>Сорт Northland</b>						
<b>2017 год</b>						
N16P16K16	Не опр.	–	Не опр.	–	Не опр.	–
Наноплант	«– «	–	«– «	–	«– «	–
Гидрогумат	«– «	<b>+21,2</b>	«– «	<b>+14,9</b>	«– «	–
Экосил	«– «	<b>+9,1</b>	«– «	–6,4	«– «	–15,8
<b>2018 год</b>						
N16P16K16	–28,8	–	–	–17,2	<b>+36,4</b>	–
Наноплант	–	–	–	–18,3	–	–
Гидрогумат	–25,2	<b>+10,2</b>	–14,5	–13,0	–	–
Экосил	–27,0	–	<b>+15,6</b>	–29,3	<b>+54,5</b>	–33,3

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

Нетрудно убедиться, что на фоне общей для всех таксонов виргинильных растений голубики тенденции увеличения в течение сезона запасов в субстрате микробной биомассы, наиболее значительное их пополнение установлено в зоне ризогенеза сортов *Northland* и особенно *Bluecrop*, главным образом, при использовании Экосила и Гидрогумата.

Наряду с численностью ФАМ, важнейшим показателем функциональной активности микробсообщества является интенсивность выделения из почвы углекислого газа, определяемая темпами окисления органических веществ в процессе дыхания эдафобионтов, поставляющего энергию для их метаболизма [2, 7]. Известно также, что благоприятные гидротермические условия сезона, а также наличие энергетических и трофических ресурсов способствуют усилению данного процесса. Для определения в лабораторных условиях интенсивности выделения  $\text{CO}_2$  микробсообществами разных вариантов полевого опыта, из соответствующих им образцов торфа проводили удаление корней растений, что позволяло экспериментальным путем объективно оценить вклад микробиоты в дыхательный процесс, исключив из него долю корневых систем высших растений.

По нашим оценкам, приведенным в табл. 1, величина данного показателя под посадками виргинильных растений голубики заметно варьировалась как в рамках полевого эксперимента, так и в сезонном и двухлетнем циклах наблюдений, в диапазоне от 13 до 84  $\text{C-CO}_2/\text{г}$  в сутки, что несколько уступало значениям, полученным нами в эксперименте с использованием микробных удобрений на верховом торфе [19], и что свидетельствовало о выраженной ее зависимости от комплекса биотических и абиотических факторов. Ведь по мнению ряда исследователей, основными факторами, определяющими активность дыхания микробсообщества, являются температурный режим и влажность почвы, содержание в ней органического вещества, доступных форм основных элементов питания, а также запасы углерода в микробной биомассе [14].

Однотипные для всех вариантов опыта тенденции увеличения к концу сезона в 1,4-1,9 раза активности выделения углекислоты из корнеобитаемой зоны субстрата и при этом совпадавшие с установленными выше для массы ФАМ прослеживались только под посадками сорта *Northcountry* (см. табл. 2). Под посадками сорта *Bluecrop* сходный у данных характеристик микробиоты характер позитивных изменений в течение сезона установлен лишь на фоне применения  $\text{N}_{16}\text{P}_{16}\text{K}_{16}$  и Экосила, тогда как в контроле и при внесении Гидрогумата эти изменения были противоположными по знаку, причем под посадками сорта *Northland* их противоположная направленность установлена уже во всех без исключения вариантах опыта, что однозначно свидетельствовало о существенном влиянии генотипа растений на интенсивность дыхания микробиоты в зоне ризогенеза. На отсутствие строгой зависимости между обозначенными показателями жизнедеятельности микробсообщества имеются указания также в работе Т.Г. Зименко [8], полагавшей, что выделение углекислого газа из почвы зависит не только от численности микроорганизмов, но и от их активности.

Как следует из табл. 3, влияние испытываемых агроприемов на выделение углекислого газа из корнеобитаемой зоны торфяного субстрата, как и запасов микробной биомассы, в значительной мере определялось генотипом опытных растений и гидротермическим режимом сезона. При этом применение удобрений значительно активизировало дыхательный процесс под посадками сортов *Northcountry* и *Bluecrop*, главным образом, на фоне экстремальных погодных условий сезона 2018 г., на что указывало увеличение его интенсивности на 8–55% по сравнению с контролем. При этом в осенний период года только под сортом *Bluecrop* направленность выявленных различий в основном коррелировала с установленной для массы ФАМ, тогда как под сортом *Northcountry* усиление дыхания микробоценоза было сопряжено с преимущественным отсутствием изменений микробной биомассы, что, на наш взгляд, обусловлено активизацией деятельности части микробоценоза, сохранившей свою жизнеспособность при возросшей на фоне использования удобрений конкуренции со стороны культивируемых растений. При этом под посадками сорта *Northcountry* в большинстве случаев наибольшим превышением контрольного уровня выделения углекислого газа характеризовались варианты опыта с использованием Нанопланта и органических удобрений. Что касается сорта *Northland*, то под его посадками в условиях сезона 2018 г. отмечено не усиление, а напротив, преимущественное ингибирование дыхательного процесса на 14–30% по сравнению с контролем. При этом в весенний период достоверные, причем неоднозначные изменения интенсивности выделения углекислого газа, наблюдавшиеся лишь при использовании Гидрогумата и Экосила, сопровождалась снижением микробной биомассы, тогда как в осенний период подавление дыхания микробоценоза в основном протекало при отсутствии изменений ее запасов.

Интегральным показателем активности микробоценоза считается коэффициент метаболической активности ( $qCO_2$ ), представляющий собой отношение интенсивности дыхания почвы к биомассе ФАМ, определение которой, как правило, проводят в лабораторных условиях с использованием биохимических или кинетических методов, что предполагает предварительное получение коэффициентов пересчета [9]. В связи с трудной сопоставимостью данных методов, для упрощения и стандартизации процедуры определения метаболического коэффициента, вместо величины массы ФАМ предложено использовать скорость субстрат-индуцированного дыхания почвы [2, 3]. В этом случае значение  $qCO_2$  рассчитывают как отношение скоростей выделения  $CO_2$  из небогатой почвы ( $V_{\text{basal}}$ ) и почвы, в которую внесен избыток доступного субстрата ( $V_{\text{SIR}}$ ), в частности, глюкозы, ( $qCO_2 = V_{\text{basal}}/V_{\text{SIR}}$ ). Данный способ расчета существенно упрощает процедуру определения  $qCO_2$  и позволяет проводить сравнение результатов, полученных разными авторами.

Возвращаясь к табл. 1, можно убедиться, что коэффициент метаболической активности микроорганизмов под посадками опытных таксонов голубики в рамках эксперимента не превышал 0,04–0,29, что совпадало

с аналогичными результатами, полученными нами в исследованиях с использованием микробных удобрений на выработанном торфянике верхового типа [19], и свидетельствовало о весьма слабой микробной активности зоны ризогенеза низинного торфа. Вместе с тем значения данного показателя, как и других характеристик жизнедеятельности микробиоты, заметно варьировались как в рамках полевого эксперимента, так и в сезонном и двухлетнем циклах наблюдений. Независимо от генотипа опытных растений, в условиях сезона 2018 г. в динамике метаболического коэффициента во всех вариантах опыта прослеживались исключительно отрицательные тенденции, указывавшие на снижение его значений в течение вегетационного периода в 1,1–4,3 раза, наиболее существенное под посадками сорта *Northland* (см. табл. 2).

Повариантное сравнение с контролем величины исследуемого показателя в весенний и осенний периоды года (см. табл. 3) выявило наиболее выразительные различия только под посадками сорта *Northcountry* при превышении контрольного уровня на 17–81%, наиболее значительном при внесении Гидрогумата. Под посадками двух других сортов голубики столь однозначных изменений данного показателя не установлено.

Приведенные выше результаты двухлетних исследований основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата на фоне испытываемых агроприемов показали как стимулирующее, так и ингибирующее их влияние на функционирование микробсообществ под посадками виргинильных растений голубики. На это указывали как более высокие, так и более низкие, чем в контроле, значения анализируемых признаков в вариантах опыта с использованием удобрений в начале и в конце вегетационного периода. Вместе с тем относительные размеры выявленных различий, в зависимости от генотипа растений, существенно варьировались в сезонном цикле наблюдений, что не позволяло выявить агроприемы с наиболее выраженным позитивным влиянием на исследуемые характеристики микробиоты. В связи с этим для оценки интегрального эффекта от их применения на примере вегетационного периода 2018 г., характеризовавшегося наиболее полной информацией в этом плане для весеннего и осеннего периодов, в каждом варианте опыта с использованием удобрений были определены суммарные значения относительных различий с контролем по совокупности анализируемых признаков, приведенные в табл.4 и определенные на основании данных табл. 3.

Нетрудно убедиться в существенной зависимости основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя низинного торфа под посадками голубики от генотипа растений и уровня минерального питания. На основании суммирования отклонений исследуемых показателей от контроля на фоне испытываемых агроприемов в весенний и осенний периоды года, с учетом их знака, установлено примерно одинаковое по величине позитивное влияние на их совокупность Нанопланта и органических удобрений, превышавшее в 1,3 раза таковое полного минерального удобрения.

**Таблица 4.** Суммарные за весенний и осенний периоды 2018 г. значения относительных различий с контролем совокупности характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфа в вариантах полевого опыта под посадками виргинильных растений *V. corymbosum*, %.

Вариант опыта	Показатели									
	С <sub>биом.</sub> мкг С/г торфа			дыхание почвы, мкг СО <sub>2</sub> /г торфа в сутки			метаболический коэффициент, %			совокупный эффект, %
	North-country	Blue-crop	North-land	North-country	Blue-crop	North-land	North-country	Blue-crop	North-land	
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	–	–14,6	–28,8	<b>+35,6</b>	<b>+51,7</b>	–17,2	<b>+35,5</b>	<b>+62,5</b>	<b>+36,4</b>	<b>+161,1</b>
Наноплант	–	<b>+48,2</b>	–	<b>+53,5</b>	<b>+55,2</b>	–18,3	<b>+71,6</b>	–	–	<b>+210,2</b>
Гидроумат	–27,5	<b>+37,3</b>	–15,0	<b>+69,7</b>	<b>+40,1</b>	–27,5	<b>+120,2</b>	<b>+16,7</b>	–	<b>+214,0</b>
Экосил	–	<b>+52,7</b>	–27,0	<b>+58,3</b>	<b>+55,0</b>	–13,7	<b>+70,8</b>	–	<b>+21,2</b>	<b>+217,3</b>

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

Вместе с тем особый научный и практический интерес представляло проведение подобных исследований микробиоты торфяного субстрата под посадками генеративных растений голубики, обладающих более развитой надземной сферой и обеспечивающих большее поступление в зону ризогенеза органических веществ при ином составе прижизненных корневых выделений. В этой связи в аналогичный с виргинильными растениями временной период (2017–2018 гг.) в рамках полевого эксперимента с 6-летними плодоносящими растениями тех же таксонов голубики были проведены соответствующие микробиологические исследования торфяного субстрата, результаты которых приведены в табл. 5.

Обращает на себя внимание совершенно иной, нежели в эксперименте с виргинильными растениями, характер сезонных изменений основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя субстрата. Так, если в предыдущем случае в условиях сезона 2018 г., независимо от генотипа растений и уровня агрохимического обеспечения, происходило увеличение в нем запасов активно функционирующей микробной биомассы, сопровождавшееся под посадками сортов *Northcountry* и *Bluecrop* усилением дыхательного процесса, то в аналогичном эксперименте с генеративными растениями в изменении данных показателей в течение вегетационного периода доминировали отрицательные тенденции со сходными в его вариантах размерами снижения биомассы ФАМ и выделения СО<sub>2</sub> соответственно в 1,3–2,4 и 2,0–4,7 раза, наибольшими под сортом *Bluecrop* (табл. 6). Исключением из этого правила явился позитивный характер сезонной динамики биомассы ФАМ и скорости потока СО<sub>2</sub> под посадками сорта *Northland*, идентичный таковому под виргинильными растениями голубики.

**Таблица 5.** Основные характеристики микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта в начале и в конце вегетационного периода под посадками генеративных растений *V. corymbosum* в годы исследований.

Вариант опыта	Показатели					
	С <sub>биом</sub> , мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг CO <sub>2</sub> /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
<b>Сорт Northcountry</b>						
<b>2017 год</b>						
<b>Контроль</b>	Не опр.	254,9±6,7	Не опр.	20,2±0,9	Не опр.	0,07
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	«- «	267,5±13,6	«- «	21,8±1,7	«- «	0,07
Наноплант	«- «	294,4±15,0*	«- «	28,6±1,4*	«- «	0,08
Гидрогумат	«- «	267,0±43,6	«- «	24,5±0,5*	«- «	0,08
Экосил	«- «	285,1±13,7*	«- «	16,9±0,9*	«- «	0,05*
<b>2018 год</b>						
<b>Контроль</b>	197,8±10,2	120,6±4,2	35,8±2,6	15,2±0,7	0,15	0,11
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	235,1±11,2*	127,1±7,9	42,0±2,6*	14,4±0,6*	0,15	0,10
Наноплант	120,6±19,6*	162,8±8,3*	52,8±1,3*	18,1±0,7*	0,37*	0,09*
Гидрогумат	266,4±19,8*	189,1±3,0*	40,0±2,7*	19,7±1,3*	0,13*	0,09*
Экосил	241,2±19,7*	115,4±2,4	56,1±0,0*	16,7±0,7*	0,20*	0,12
<b>Сорт Bluecrop</b>						
<b>2017 год</b>						
<b>Контроль</b>	Не опр.	179,9±1,2	Не опр.	16,0±0,5	Не опр.	0,08
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	«- «	160,3±3,7*	«- «	15,5±0,7	«- «	0,08
Наноплант	«- «	162,9±6,9*	«- «	17,6±0,7*	«- «	0,09
Гидрогумат	«- «	186,2±13,6	«- «	20,5±0,0*	«- «	0,09
Экосил	«- «	167,5±5,0*	«- «	28,1±5,9*	«- «	0,14*
<b>2018 год</b>						
<b>Контроль</b>	194,4±19,8	150,5±3,5	53,3±2,7	16,4±0,7	0,23	0,09
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	384,4±16,8*	162,4±8,3*	59,4±1,4*	12,7±0,7*	0,13*	0,07*
Наноплант	271,9±9,6*	156,2±4,1	48,7±3,5*	17,1±0,7	0,15*	0,09
Гидрогумат	267,8±19,9*	112,2±7,0*	48,7±5,9*	14,6±0,6*	0,15*	0,11*
Экосил	310,2±16,6*	169,7±6,9*	54,0±1,0	12,7±0,6*	0,15*	0,06*
<b>Сорт Northland</b>						
<b>2017 год</b>						
<b>Контроль</b>	Не опр.	266,2±15,0	Не опр.	20,8±1,4	Не опр.	0,07
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	«- «	263,1±9,7	«- «	16,4±0,8*	«- «	0,05*
Наноплант	«- «	264,5±9,8	«- «	15,5±0,7*	«- «	0,05*
Гидрогумат	«- «	228,0±15,9*	«- «	19,5±0,8*	«- «	0,07
Экосил	«- «	201,3±8,5*	«- «	15,4±0,7*	«- «	0,07

Вариант опыта	Показатели					
	C <sub>биом</sub> , мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг CO <sub>2</sub> /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
<b>2018 год</b>						
<b>Контроль</b>	236,4±14,4	250,1±6,8	46,5±1,4	19,4±0,8	0,17	0,07
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	202,4±15,0*	216,5±9,3*	37,0±1,2*	14,6±1,4*	0,16	0,06
Наноплант	77,5±15,6*	228,8±8,5*	40,6±1,4*	11,3±0,7*	0,45*	0,04*
Гидрогумат	146,6±14,4*	281,2±9,9*	48,5±1,4*	17,8±0,9*	0,28*	0,05*
Экосил	192,9±14,1*	213,2±0,0*	49,7±1,3*	14,2±0,8*	0,22*	0,06

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

**Таблица 6.** Кратный размер изменения микробиологических характеристик корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта к концу вегетационного периода под посадками генеративных растений *V. corymbosum*. 2018 г.

Вариант опыта	Показатели		
	C <sub>биом</sub> , мкг С/г торфа,	дыхание почвы, мкг CO <sub>2</sub> /г торфа в сутки	метаболический коэффициент, %
<b>Сорт Northcountry</b>			
Контроль	<1,6	<2,4	<1,4
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	<1,9	<2,9	<1,5
Наноплант	>1,4	<2,9	<4,1
Гидрогумат	<1,4	<2,0	<1,4
Экосил	<2,1	<3,4	<1,7
<b>Сорт Bluecrop</b>			
Контроль	<1,3	<3,3	<2,6
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	<2,4	<4,7	<1,9
Наноплант	<1,7	<2,8	<1,7
Гидрогумат	<2,4	<3,3	<1,4
Экосил	<1,8	<4,3	<2,5
<b>Сорт Northland</b>			
Контроль	>1,1	<2,4	<2,4
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	>1,1	<2,5	<2,7
Наноплант	>3,0	<3,6	<11,3
Гидрогумат	>1,9	<2,7	<5,6
Экосил	>1,1	<3,5	<3,7



При этом сходное с предыдущим экспериментом снижение к осени коэффициента метаболической активности микроорганизмов в субстрате под всеми опытными объектами наиболее значительным оказалось также под сортом *Northland*.

Вместе с тем в эксперименте с генеративными растениями голубики влияние испытываемых агроприемов на основные характеристики микробиоты проявилось более рельефно, нежели в исследованиях с виргинильными растениями, при наличии как определенного сходства, так и различий в направленности и степени данного влияния. На наш взгляд, это может быть связано с возрастными изменениями воздействия корневых выделений опытных объектов на исследуемые показатели, а также с возможными различиями исходных микробиологических свойств торфяного субстрата удаленно расположенных друг от друга экспериментальных участков.

Как следует из таблицы 7, в условиях сезона 2018 г. использование всех видов удобрений способствовало преимущественному увеличению на 19–98% по сравнению с контролем биомассы активно функционирующих микроорганизмов в субстрате под посадками генеративных растений сортов *Northcountry* и *Bluecrop* в начале, а в первом случае и в конце вегетационного периода на 35–57%. При этом под посадками сорта *Northland*, напротив, наблюдалось снижение до 14–67% данного показателя не только в весенний, как в эксперименте с виргинильными растениями, но и на 9–15% в осенний период, и лишь внесение Гидрогумата обеспечило его увеличение на 10–12% относительно контроля. Вместе с тем в конце вегетационного периода в корнеобитаемой зоне субстрата под посадками сортов *Northland* и *Northcountry*, как и в эксперименте с виргинильными растениями, отмечено ослабление потока  $\text{CO}_2$  на 13–29% по сравнению с контролем в первом случае и усиление на 10–30% во втором. При этом для зоны ризогенеза сорта *Northcountry* было показано выраженное сходство с предыдущим экспериментом также в усилении дыхательного процесса и в весенний период года на 12–57% (см. табл. 7).

В отличие от данных таксонов голубики, под генеративными растениями сорта *Bluecrop* в направленности его изменений относительно контроля и в весенний, и в осенний периоды 2018 г. были выявлены тенденции, противоположные установленным в эксперименте с виргинильными растениями, и состоявшие в преимущественном снижении интенсивности выделения  $\text{CO}_2$  на 9–23%. Заметим, что наиболее существенное влияние на основные характеристики активности микробиоты под посадками генеративных растений голубики в большинстве случаев оказывало применение Нанопланта и органических удобрений. В весенний период для значений метаболического коэффициента микробоценозов под посадками сортов *Northcountry* и *Northland* при использовании экологических видов удобрений было показано превышение контрольного уровня на 29–165%, наибольшее при обработках Наноплантом, что свидетельствовало о значительном увеличении их функциональной активности, тогда как под посадками сорта *Bluecrop* – напротив, отмечено отставание от него на 35–44%. При этом в осенний период преимущественно более низкий, чем в контроле, или сопоставимый с ним уровень активности миробцоценозов был установлен под посадками уже всех опытных таксонов голубики (см. табл. 7).

**Таблица 7.** Относительные различия с контролем основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата в вариантах полевого опыта с применением удобрений в начале и в конце вегетационного периода под посадками генеративных растений *V. coquimbosum* в годы исследований.

Вариант опыта	Показатели					
	C <sub>биом</sub> , мкг С/г торфа		дыхание почвы, мкг CO <sub>2</sub> /г торфа в сутки		метаболический коэффициент, %	
	май	сентябрь	май	сентябрь	май	сентябрь
<b>Сорт Northcountry</b>						
<b>2017 год</b>						
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	Не опр.	–	Не опр.	–	Не опр.	–
Наноплант	«– «	<b>+15,5</b>	«– «	<b>+41,6</b>	«– «	–
Гидрогумат	«– «	–	«– «	<b>+21,3</b>	«– «	–
Экосил	«– «	<b>+11,8</b>	«– «	–16,3	«– «	–28,6
<b>2018 год</b>						
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	<b>+18,9</b>	–	<b>+17,3</b>	–5,3	–	–
Наноплант	–39,0	<b>+35,0</b>	<b>+47,5</b>	<b>+19,1</b>	<b>+146,7</b>	–18,2
Гидрогумат	<b>+34,7</b>	<b>+56,8</b>	<b>+11,7</b>	<b>+29,6</b>	–13,3	–18,2
Экосил	<b>+21,9</b>	–	<b>+56,7</b>	<b>+9,9</b>	<b>+33,3</b>	–
<b>Сорт Bluecrop</b>						
<b>2017 год</b>						
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	Не опр.	–10,9	Не опр.	–	Не опр.	–
Наноплант	«– «	–9,5	«– «	<b>+10,0</b>	«– «	–
Гидрогумат	«– «	–	«– «	<b>+28,1</b>	«– «	–
Экосил	«– «	–6,9	«– «	<b>+75,6</b>	«– «	<b>+75,0</b>
<b>2018 год</b>						
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	<b>+97,7</b>	<b>+7,9</b>	<b>+11,4</b>	–22,6	–43,5	–22,2
Наноплант	<b>+39,9</b>	–	–8,6	–	–34,8	–
Гидрогумат	<b>+37,8</b>	–25,4	–8,6	–11,0	–34,8	<b>+22,2</b>
Экосил	<b>+59,6</b>	<b>+12,8</b>	–	–22,6	–34,8	–33,3
<b>Сорт Northland</b>						
<b>2017 год</b>						
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	Не опр.	–	Не опр.	–21,2	Не опр.	–28,6
Наноплант	«– «	–	«– «	–25,5	«– «	–28,6
Гидрогумат	«– «	–14,4	«– «	–6,3	«– «	–
Экосил	«– «	–24,4	«– «	–26,0	«– «	–
<b>2018 год</b>						
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	–14,4	–13,4	–20,4	–24,7	–	–
Наноплант	–67,2	–8,5	–12,7	–41,8	<b>+164,7</b>	–42,9
Гидрогумат	–38,0	<b>+12,4</b>	<b>+4,3</b>	–8,2	<b>+64,7</b>	–28,6
Экосил	–18,4	–14,8	<b>+6,9</b>	–26,8	<b>+29,4</b>	–

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

Как видим, влияние испытываемых агроприемов на основные характеристики микробиоты зоны ризогенеза торфяного субстрата под посадками генеративных растений голубики, как и виргинильных, в значительной мере определялось их генотипом, что не позволяло обозначить самые эффективные агроприемы, оказывавшие наиболее выраженное позитивное действие на функционирование микробоценозов в целом. В связи с этим на примере вегетационного сезона 2018 г., для которого имелась соответствующая информация в весенний и осенний периоды, как и в эксперименте с виргинильными растениями, был оценен суммарный для исследуемых микробиологических характеристик эффект от применения каждого вида удобрений. На основе суммирования в эти сроки приведенных в табл. 7 относительных различий опытных вариантов с контролем по каждому анализируемому признаку, с учетом знака данных различий, для каждого варианта был получен совокупный интегральный показатель, дающий представление о степени усиления либо ослабления работы микробоценозов в целом, независимо от генотипа опытных растений.

Как следует из табл. 4 и 8, в отличие от эксперимента с виргинильными растениями, в опыте с их плодоносящими аналогами положительный характер воздействия испытываемых агроприемов на формирование и функционирование микробоценозов под посадками голубики установлен только на фоне применения Нанопланта и органических удобрений, тогда как внесение  $N_{16}P_{16}K_{16}$  оказало на них ингибирующее влияние, причем в обоих случаях, независимо от вида используемых удобрений, наиболее значительное подавление микробиологических процессов в торфяном субстрате выявлено под посадками сорта *Northland*. При этом в эксперименте с генеративными растениями интегральная эффективность экологических видов удобрений в этом плане оказалась все же ниже, чем в опыте с их виргинильными аналогами, причем наиболее высокой она была у Нанопланта.

Как видим, несмотря на возрастные, генотипические и межвариантные различия основных характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений голубики на фоне испытываемых агроприемов, позитивное влияние на совокупности исследуемых показателей экологических видов удобрений – Нанопланта, Гидрогумата и Экосила было более значительным по сравнению с полным минеральным удобрением. На наш взгляд, это может быть связано со специфическим характером их более мягкого, чем у полного минерального удобрения, воздействия на микробоценозы посредством сопряженной активизации метаболизма культивируемых растений и микроорганизмов. В свою очередь это должно было способствовать усилению агрессивного влияния продуктов их жизнедеятельности на органическое вещество торфа, обеспечивающего пополнение запасов доступных форм питательных элементов. В пользу этого предположения свидетельствуют и результаты подобных исследований с использованием микробных удобрений на выработанных торфяниках верхового типа, также показавшие более высокую их результативность в этом плане по сравнению с полным минеральным удобрением [19].

**Таблица 8.** Суммарные за весенний и осенний периоды 2018 г. значения относительных различий с контролем совокупности характеристик микробиоты корнеобитаемого слоя торфа в вариантах полевого опыта под посадками генеративных растений *V. corymbosum*, %.

Вариант опыта	Показатели									
	С <sub>биом</sub> , мкг С/г торфа			дыхание почвы, мкг СО <sub>2</sub> /г торфа в сутки			метаболический коэффициент, %			совокупный эффект, %
	North-country	Blue-crop	North-land	North-country	Blue-crop	North-land	North-country	Blue-crop	North-land	
N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub>	+18,9	+105,6	-27,8	+12,0	-11,2	-45,1	–	-65,7	–	-13,3
Наноплант	-4,0	+39,9	-75,7	+66,6	-8,6	-54,5	+128,5	-34,8	+121,8	+179,2
Гидрогумат	+91,5	+12,4	-25,6	+41,3	-19,6	-3,9	-31,5	-12,6	+36,1	+88,1
Экосил	+21,9	+72,4	-33,2	+66,6	-22,6	-19,9	+33,3	-68,1	+29,4	+79,8

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

**Вывод.** На основе сравнительного исследования основных характеристик микробиоты в зоне ризогенеза торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений голубики на фоне испытываемых агроприемов установлено, что на протяжении вегетационного периода под виргинильными растениями происходило увеличение запасов активно функционирующей микробной биомассы в 1,1–1,9 раза, сопровождавшееся под сортами *Northcountry* и *Bluecrop* аналогичным усилением дыхательного процесса и снижением метаболического коэффициента в 1,1–4,3 раза. Под генеративными растениями в изменении данных показателей доминировали отрицательные тенденции со снижением биомассы ФАМ и выделения СО<sub>2</sub> соответственно в 1,3–2,4 и 2,0–4,7 раза и положительные под посадками сорта *Northland*, сочетавшиеся со снижением к осени метаболического коэффициента в 1,4–5,6 раза. Показано, что на фоне испытываемых агроприемов, несмотря на возрастные, генотипические и межвариантные различия в функционировании микробценозов в зоне ризогенеза торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений голубики, позитивное влияние Нанопланта, Гидрогумата и Экосила на совокупность основных характеристик микробиоты было более значительным, нежели полного минерального удобрения.

### Литература

1. Азизбекян С. Г. Наноплант – новое отечественное микроудобрение // Наше хозяйство, 2015. №7–№8. С. 2–3.
2. Ананьева, Н. Д. Микробиологическая оценка почв в связи с самоочищением от пестицидов и устойчивостью к антропогенным воздействиям : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.07 ; МГУ им. М. В. Ломоносова. М., 2001. 50 с.
3. Благодатская Е. В., Богомолова И.Н., Благодатский С.А. Изменение экологической стратегии микробного сообщества почвы, инициированное внесением глюкозы // Почвоведение. 2001. № 5. С. 600–608.

4. Востров И.С., Петрова А.Н. // Микробиология. 1961. Т. 39, № 4. С. 665–672.
5. Головченко А.В., Тихонова Е.Ю., Звянинцев Д.Г. // Микробиология. 2007. Т. 76, № 5. С. 711–719.
6. Дрозд О. В. и др. // Опыт и перспективы возделывания ягодных растений семейства Брусничные на территории Беларуси и сопредельных стран: Материалы междунар. науч.-практ. семинара. Минск, 2017. С. 50–57.
7. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология: учебник для вузов. М.: Дрофа, 2005. 445 с.
8. Зименко Т.Г. Деятельность микроорганизмов в мелиорированных торфяно-болотных почвах // Микроорганизмы почвы и растения. Минск: Наука и техника, 1972б. С. 168–191.
9. Мирчинк Т. Г., Паников Н.С. // Успехи микробиологии. М.: Наука, 1985. Т. 20. С. 198–226.
10. Мишустин Е. Н. Географический фактор, почвенные типы и их микробное население // Микрофлора почв северной и средней части СССР. М.: Наука, 1966. С. 54–96.
11. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / Под ред. В.В. Игнатова. М.: Наука, 2005. 262 с.
12. Наумова Г. В. и др. // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. НАН Беларуси, Минсельхозпрод РБ, УО «ГрГАУ». Гродно : ГГАУ, 2003. Т. 2. С. 12–18.
13. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 746 с.
14. Осипов А. Ф. Выделение углерода с поверхности почвы спелого сосняка черничного средней тайги республики Коми // Почвоведение. 2016. № 8. С. 982–990.
15. Рупасова Ж.А., Яковлев А.П. Фиторекультивация выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси на основе возделывания ягодных растений сем. Ericaceae; под общ. ред. акад. В. Н. Решетникова. Минск : Беларус. навука, 2011. – 282 с.
16. Томсон А.Э., Наумова Г. В. Торф и продукты его переработки. Минск: Беларус. навука, 2009. 328 с.
17. Шабанов А. А. Биоорганические препараты Гидрогумат и Экосил – полезные компоненты в органическом земледелии [Электронный ресурс] Режим доступа. – <https://ecosil.by/a27989-ekologicheskoe-zemledelie-rosteregulatory.html>.
18. Экология микроорганизмов / А.И. Нетрусов [и др.]; под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. 272 с.
19. Эффективность микробных удобрений при возделывании голубики на выработанных торфяниках Беларуси. Ж.А.Рупасова [и др.]. Минск: Беларус. наука, 2020. 236 с.
20. Anderson J. P. S., Domsch K.Y. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. V. 10. P. 215–221.
21. Dobrovolskaya, T.G. The role of microorganisms in the ecological functions of soils. / T. G. Dobrovolskaya [et al.] // Eurasian Soil Science. 2015. Том.48, № 9. С. 959–965.

Ж. А. РУПАСОВА, А. П. ЯКОВЛЕВ, Г. И. БУЛАВКО,  
П. Н. БЕЛЫЙ, В. С. ЗАДАЛЯ, В. И. ДОМАШ,  
С. Г. АЗИЗБЕКЯН, И. И. ЛИШТВАН, Т. М. КАРБАНОВИЧ  
**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИКРОБИОТЫ  
КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ПОД ПОСАДКАМИ ГОЛУБИКИ  
НА ВЫРАБОТАННОМ ТОРФЯНИКЕ НИЗИННОГО ТИПА**

**Резюме**

В статье приведены результаты сравнительного исследования основных характеристик микробиоты в зоне ризогенеза торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений раннеспелого и двух среднеспелых сортов голубики высокорослой на фоне применения полного минерального и новых экологических видов удобрений – Нанопланта, Экосила и Гидрогумата. Установлено, что на протяжении вегетационного периода под виргинильными растениями происходило увеличение запасов активно функционирующей микробной биомассы в 1,1–1,9 раза, сопровождавшееся под сортами *Northcountry* и *Bluecrop* аналогичным усилением дыхательного процесса и снижением метаболического коэффициента в 1,1–4,3 раза. Под генеративными растениями в изменении данных показателей доминировали отрицательные тенденции со снижением к осени запасов биомассы ФАМ и выделения CO<sub>2</sub> соответственно в 1,3–2,4 и 2,0–4,7 раза и положительные под посадками сорта *Northland*, сочетавшиеся со снижением к осени метаболического коэффициента в 1,4–5,6 раза. Показано, что на фоне испытываемых агроприемов, несмотря на возрастные, генотипические и межвариантные различия в функционировании микробоценозов в зоне ризогенеза торфяного субстрата под посадками разновозрастных растений голубики, позитивное влияние Нанопланта, Гидрогумата и Экосила на совокупность основных характеристик микробиоты было более значительным, нежели полного минерального удобрения.

ZH. A. RUPASOVA, A. P. YAKOVLEV, G. I. BULAVKO,  
P.N. BELY, V. S. ZADALIA V. I. DOMASH, S. G. AZIZBEKYAN,  
I. I. LISHTVAN, T. M. KARBANOVICH  
**INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE FUNCTIONING  
OF MICROBIOTA OF ROOT-INHABITED LAYER OF PEAT SUBSTRATE  
UNDER THE PLANTATION OF Highbush BLUEBERRY PLANTS  
ON THE DEVELOPED LOWLAND PEAT DEPOSIT**

**Summary**

The article deals with the results of comparative study of major characteristics of microbiota in root-inhabited layer of peat substrate under the plantation of *Vaccinium corymbosum* plants (1 early-maturing and 2 mid-maturing varieties) of different ages on developed lowland peat deposit under introduction of complete mineral fertilizer, microfertilizer (Nanoplant-8, including 8 trace elements: Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo and Se) and organic fertilizers (Ekosil and Gidrogumat). During the vegetation season, there was an increase of 1,1–1,9 times in the reserves of active microbial biomass under virginal plants, accompanied by a similar increase in the respiratory process and a decrease in the metabolic coefficient by 1,1–4,3 times under *Northcountry* and *Bluecrop* varieties. Under generative plants, the change in these indicators was dominated by

negative trends with a decrease in the biomass of the functionally active microbiota by autumn (by 1,3–2,4 times) and the release of CO<sub>2</sub> (by 2,0–4,7 times). Positive trends, combined with a decrease in the metabolic coefficient by 1,4–5,6 times by autumn, were noted under the *Northland* variety plantings. It is shown that amid agricultural practices (despite the age, genotypic and interviant differences in the functioning of microbial cenoses in root-inhabited layer of peat substrate under the plantations of different age plants blueberry) positive impact of Nanoplant, Gidrogumat and Ekosil on the totality of the main characteristics of the microbiota was more significant than impact of complete mineral fertilizer.

*Поступила в редакцию 18.09.2020 г.*