

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной

.....
**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**
=====

УДК 634.737:581.5:581.522.4(476)

**Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы
крупноплодной**

Зимич С.П.¹, Яковлев А.П.¹, Виноградов Д.В.^{2,3}, Гогмачадзе Г.Д.⁴

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

³Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева

⁴АгроЭкоИнфо

Аннотация

В статье предложены исследования по влиянию комплексного микробного препарата «MaKлоP», который способствует обогащению ризосферы растений полезными микроорганизмами в посадках клюквы крупноплодной. По результатам исследований, с момента вступления в контакт с культурой выявлено улучшение формирования симбиотрофного типа взаимодействия, лучшее развитие ягодной культуры клюквы крупноплодной. Доказано, что в полевом эксперименте у исследованных сортов клюквы происходило формирование микоризного симбиоза в той же степени, которая характерна для ненарушенных почв.

Ключевые слова: КЛЮКВА КРУПНОПЛОДНАЯ, ВЫРАБОТАННЫЙ ТОРФЯНИК, МИКРОБНОЕ УДОБРЕНИЕ, МИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ, МИКОРИЗА, ИНТЕНСИВНОСТЬ МИКОРИЗАЦИИ КОРНЕЙ

Введение

В мировой практике культивирования клюквы крупноплодной на промышленной основе для обеспечения ее биологических потребностей и формирования высокой продуктивности широко используются системы оптимизации минерального питания [1-5]. Но в

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.

Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

последние годы, как опытные производители, так и новые проявляют все больший интерес к получению дополнительной информации, касающейся современных методов производства клюквы. В качестве альтернативы минеральным удобрениям в мировой практике сельскохозяйственного производства многих стран внедряются биотехнологии, основанные на применении биопрепаратов, обогащающих ризосферу растений полезными микроорганизмами, которые с момента вступления в контакт с растениями сопровождают их на протяжении всего последующего цикла развития, формируя различные типы взаимодействия – симбиотические, симбиотрофные, биоконтрольные, трофические, сигнальные и др. [6-11]. Биологические препараты на основе симбиотического, симбиотрофного и других типов взаимодействия в настоящее время широко применяют на большом спектре сельскохозяйственных культур [12-16]. В результате закрепления в ризосфере они способствуют санации почвы от патогенных грибов и бактерий и обеспечивают обогащение ее полезной микрофлорой. Микроорганизмы, используемые для производства биопрепаратов, обеспечивают растения не только элементами минерального питания, но и физиологически активными веществами (фитогормонами, витаминами и др.). [17-21].

До настоящего времени и в отечественной, и в зарубежной литературе очень мало сведений по испытанию микробных препаратов, созданных на основе азотфиксирующих, фосфатмобилизующих и ростостимулирующих микроорганизмов, для оптимизации питания ягодных растений в специфических условиях существования на участках выработанных торфяников, характеризующихся чрезвычайно низким уровнем естественного плодородия и сильнокислой реакцией почвенного раствора [22]. Однако специфичность грунта не ограничивается низкой кислотностью и недостаточностью зольных элементов, поскольку неполное разложение органического вещества в процессе формирования торфа приводит к накоплению различных фитотоксинов, которые могут подавлять рост растений [23].

Выживать в таких сложных экологических условиях растениям сем. Вересковые помогает наличие микоризы на корнях, позволяющей переносить стрессы, засуху, недостаток питания. Микоризные грибы увеличивают всасывающую поверхность корней, производят многие биологически активные вещества, используемые растениями, переводят трудноусваиваемые соединения фосфора почвы в растворимую форму, доступную растениям, защищают корни от заражения потенциальными почвообитающими паразита-

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной
.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

ми. Таким образом, грибной компонент способствует расширению потенциальных возможностей по завоеванию новых экологических ниш для растений [24-26].

Наибольший интерес вызывают взаимоотношения микоризы и стимулирующих рост растений микроорганизмов. При совместном действии эндомикоризных грибов и микроорганизмов часто наблюдается синергизм, который оказывает ярко выраженное благоприятное действие на растения. В этой связи представлялось целесообразным проведение комплексных исследований реакции клюквы крупноплодной (*O. macrocarpus* (Ait.) Pursh.) на использование микробных удобрений, в том числе с оценкой влияния последних на степень микоризации корневых систем опытных растений.

Материалы и методы исследований

Полевые эксперименты заложены на площадях выработанных торфяных месторождений (т.м.) верхового типа «Радемье-Зеленоборское» (Смолевиский р-н Минской обл.) в центральной агроклиматической зоне республики и «Рамжино» (Докшицкий р-н Витебской обл.) – в северной агроклиматической зоне Беларуси (рис. 1).



Рис. 1. Месторасположение экспериментальных участков на площадях торфяных месторождений

На момент закладки опыта в районах исследований участки сильнокислого мало-плодородного, полностью лишённого растительности остаточного слоя донного торфа средней степени разложения, характеризовались схожими агрохимическими показателями в центральном районе исследований: $pH_{КС1} - 3,65-3,75$; содержание в сухом веществе ми-

нерального азота в аммонийной форме – 111-123 мг/кг, в нитратной – 10-13, подвижных форм фосфора (в пересчете на P_2O_5) – 49-50, обменного калия (в пересчете на K_2O) – 60-62 мг/кг; в северном – $pH_{КС1}$ – 3,50-3,80; содержание в сухом веществе аммонийного азота – 138-162 мг/кг, нитратного – 8-9; подвижных форм фосфора (в пересчете на P_2O_5) – 50-54, обменного калия (в пересчете на K_2O) – 65-67 мг/кг.

В опыте с молодыми генеративными растениями модельных сортов *O. macrocarpus* разных сроков созревания – *Ben Lear* (из раннеспелых) и *Stevens* (из позднеспелых) была применена 5-вариантная схема:

- 1 – контроль, без внесения удобрений;
 - 2 – луночное внесение (в мае) удобрения Basacot Plus 6 $N_{15}P_8K_{12}$ кг/га д.в. из расчета 15 г/м²;
 - 3 – некорневая обработка вегетирующих растений раствором удобрения Экогум-комплекс в концентрации 15 мл на 3 л воды из расчета 300 мл/м²;
 - 4 – луночное внесение 5% раствора препарата МаКлоР с АМГ из расчета 2 л/м²;
 - 5 – луночное внесение 10% раствора препарата МаКлоР с АМГ из расчета 2 л/м².
- Рабочие растворы вносили дважды за сезон – в конце мая и середине июня. Повторность опытов трехкратная, в каждом варианте площадь опытной деланки для отдельного сорта клюквы крупноплодной составляла 3 м².

Комплексный микробный препарат «МаКлоР» создан специально для обработки почвы, а также корневой системы микроклональных и вегетирующих растений родов *Oxycoccus* и *Vaccinium* [27]. Его основой являются азотфиксирующие бактерии и арбускулярно-микоризные грибы (АМГ), входящие в его состав, которые размножаются на поверхности неразвитой корневой системы укореняемых растений и способствуют накоплению биологического азота и фосфора, стимулирующих ее формирование.

Мацерацию корней выполняли методом Е. Р. Вoyer [28]. Оценку микроскопирования микоризы производили по методу Н. М. Лабутова [29]. Просмотр препарата осуществлялся на микроскопе OLYMPUS BX53M с цифровой камерой при увеличении 20× и 40×.

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

Результаты исследований и обсуждение

Отличительной особенностью всех представителей родов *Oxycoccus* и *Vaccinium* является специфическое строение корневой системы с отсутствием корневых волосков. В естественных условиях произрастания основную функцию перевода элементов питания в доступные для усвоения формы осуществляет микориза. У них преимущественно развивается эрикоидный тип микоризы, но выявлено также, что для отдельных видов семейства характерно наличие двойных симбионтов эрикоидной (располагается на «волоскововидных корнях») и арбускулярной микоризы (в прочих частях корневой системы).

Установлено, что развитие микоризы было характерно для всех сортов клюквы крупноплодной независимо от варианта опыта и места их культивирования. Однако интенсивность развития микоризы и частота ее встречаемости отличались. Показано, что внесение микробного удобрения совместно с АМГ способствовало лучшему развитию грибного симбионта, увеличивало частоту его встречаемости в корнях, которая варьировалась в диапазоне от 2,5 до 100%, а арбускул – от 5 до 93% от просмотренных корней (табл. 1, 2; рис. 2, 3).

Таблица 1. Характеристика частоты встречаемости микоризы в корнях (1-го и 2-го порядка) клюквы крупноплодной при культивировании на выработанном торфянике «Рамжино», (%)

Сорт <i>Ben Lear</i>				
Вариант	гифы		арбускулы	
	корни 1-го порядка	корни 2-го порядка	корни 1-го порядка	корни 2-го порядка
1	17,7*/5,9**	52,9/28,8	0,0/0,0	28,8/2,1
2	2,5/0,1	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0
3	85,0/54,0	95,0/80,0	12,5/2,0	80,0/28,8
4	85,0/64,0	100,0/93,0	25,0/9,3	93,5/38,8
5	50,0/22,5	40,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0
Сорт <i>Stevens</i>				
1	32,5/19,0	71,4/69,3	15,0/6,8	34,3/24,9
2	30,0/22,0	47,5/57,7	5,0/2,3	15,0/3,3
3	45,0/25,5	67,5/60,0	10,0/1,8	32,5/15,3
4	50,0/28,3	97,5/83,3	2,8/0,3	32,5/16,5
5	67,5/49,0	100,0/91,3	2,5/0,3	12,5/5,3

Примечание: * – частота встречаемости микоризы; ** – степень микотрофности растений.

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной

 Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»
 =====

Таблица 2. Характеристика частоты встречаемости и интенсивности микоризы в корнях (1-го и 2-го порядка) клюквы крупноплодной при культивировании на выработанном торфянике «Зеленоборское», (%)

Сорт <i>Ben Lear</i>				
Вариант	гифы		арбускулы	
	корни 1-го порядка	корни 2-го порядка	корни 1-го порядка	корни 2-го порядка
1	75,0*/64,8**	80,0/69,3	52,5/17,5	35,0/14,5
2	58,3/47,9	77,3/57,7	25,0/9,6	4,6/3,2
3	57,1/42,9	66,7/60,0	38,1/12,4	33,3/18,3
4	87,9/77,3	90,0/83,5	75,8/37,6	67,5/46,0
5	64,0/39,0	87,5/66,3	16,0/5,6	45,0/23,0
Сорт <i>Stevens</i>				
1	30,8/20,0	60,0/34,0	23,1/8,9	20,0/3,8
2	56,3/36,3	85,0/65,8	56,3/14,7	75,0/43,3
3	70,4/41,5	52,6/42,6	33,3/10,4	39,5/45,0
4	77,8/60,6	87,5/67,3	33,3/21,1	52,5/31,3
5	100,0/98,9	92,5/91,3	83,3/49,4	70,0/38,3

Примечание: * – частота встречаемости микоризы; ** – степень микотрофности растений.

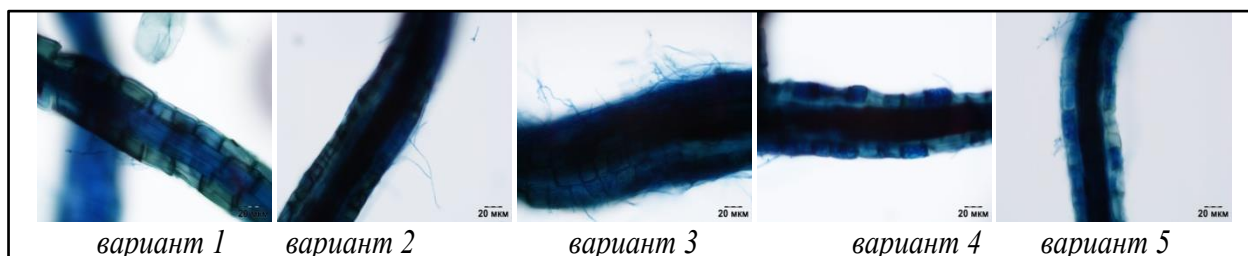


Рис. 2. Микрофотографии корешков 2-порядка клюквы крупноплодной сорта *Ben Lear* с полевого стационара «Зеленоборское»

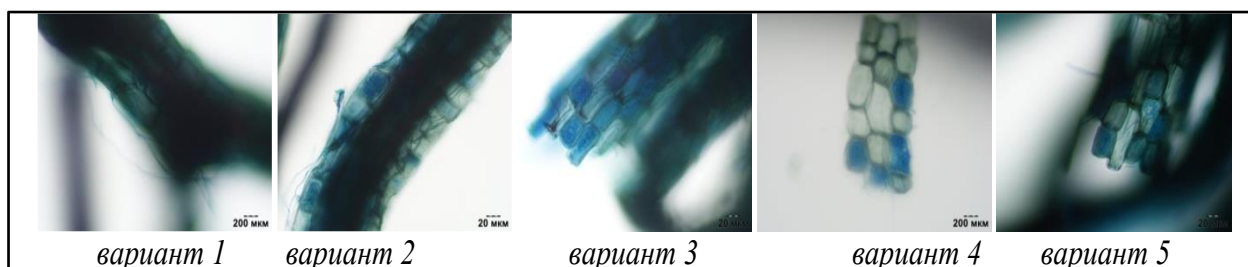


Рис. 3. Микрофотографии корешков 2-порядка клюквы крупноплодной сорта *Stevens* с полевого стационара «Зеленоборское»

Очевидно, что на любой стадии развития растения грибной симбионт предпочитает самые тонкие корни (см. табл. 1 и 2). Именно тонкие корни являются «жилищем» микоризы, играющей большую роль в потреблении элементов питания из почвы. Они имеют раз-

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.

Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

личную продолжительность жизни – от нескольких дней до нескольких месяцев – и богаты элементами питания. Грибная инфекция проникает через тонкие «волосковые корни», доля таких корней в общей массе достигает около 75%. Образование тонких корней активно происходит на стадии активного роста растений, в этот период идет активное заселение тонких корней грибным симбионтом. По-видимому, темпы образования и продолжительность жизни тонких корней у разных видов и определяют характер сезонной динамики развития микоризы в корнях разной толщины. Не все корни растения содержали микоризный симбионт. Измерение длины корня и протяженности микоризосодержащей части показало, что к концу периода вегетации протяженность корней содержащих грибной компонент повышается, но более активно происходит колонизация самых тонких корней (II порядка).

В северной агроклиматической зоне Беларуси формирование микоризного симбионта у раннеспелого сорта *Ben Lear* протекало менее активно нежели у сорта *Stevens*, характеризующегося более поздним сроком созревания. В полевом в центральной части Беларуси наблюдалась прямо противоположная картина, когда величина степени микоризации корневых систем раннеспелого сорта более чем в 2 раза превышала аналогичный показатель для сорта *Stevens*. Причем такая же тенденция сохранялась и для образования арбускул. На наш взгляд, объяснение этого выявленного факта кроется в особенностях погодной ситуации районов исследования. Так, более суровые условия Витебской области по температурному режиму смогли обеспечить необходимым теплом только сорт *Ben Lear*, который к моменту отбора образцов на анализ практически завершил свою вегетацию, а для полного созревания плодов сорта *Stevens* еще требовалось дополнительное тепло, и микотрофный компонент его корневой системы также был в активном состоянии. Что же касается центральной части нашей страны, то сумма необходимых температур для полного созревания плодов была достаточной, чтобы завершать вегетационный сезон для позднеспелого сорта. У раннеспелого сорта, запас тепла был избыточным, что, возможно, и привело к активизации грибного компонента корневых систем.

На образование микоризы существенное влияние оказали обработки разными по химической природе препаратами. Например, обработка МаКлоРом в концентрации 5% положительно влияла на развитие мицелия гриба в корнях клюквы крупноплодной сорта *Ben Lear* и составляла 85-88% (для корней 1-го порядка) и 90-100% (для корней 2-го по-

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.

Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

рядка). В корнях клюквы сорта *Stevens* гифы лучше развивались в варианте с обработкой МаКлоРом в концентрации 10%: частота встречаемости мицелия гриба составила 67,5-100% (для корней 1-го порядка) и 92,5-100% (для корней 2-го порядка). В варианте с использованием минерального удобрения при обработке клюквы сорта *Ben Lear* в северной агроклиматической зоне было зафиксировано самое низкое развитие микоризы: в корнях 1-го порядка оно составляла 2,5% от просмотренных корней, в корнях 2-го порядка гифы гриба отсутствовали вовсе. Эти результаты подтвердили сходные тенденции, выявленные нами ранее у представителей сортовой голубики [30]. В схожем эксперименте с внесением полного минерального удобрения под 5-летние кусты сортов *Northland* и *DenisBlue* наблюдалось ингибирование развития микоризы. Это свидетельствует о том, что при высоком уровне агрохимического обеспечения торфяного субстрата растению значительно проще поглощать питательные элементы без участия грибного компонента.

Частота встречаемости арбускул в корнях клюквы сорта *Ben Lear* при возделывании укорененных черенков клюквы на выработанном торфянике северной агроклиматической зоны была незначительной. В корнях первого порядка в вариантах с использованием минерального и микробного (в концентрации 10%) удобрений, а также контроле арбускул не наблюдалась. При обработке данных саженцев микробным удобрением МаКлоР в концентрации 5% происходило образование арбускул, составляющее 25% от просмотренных корней. Меньше арбускул встречалась в корнях клюквы в варианте с обработкой органическим удобрением Экогум (12,5% от просмотренных корней).

В корнях клюквы сорта *Stevens* развитие арбускул было более активным по сравнению с предыдущим сортом. Частота их развития в корнях клюквы 2-го порядка без обработки и при обработке удобрением Экогум и МаКлоР (концентрация 5%) была максимальной и составляла 32,5-34,3% от всех просмотренных корней.

Более информативным показателем эффективности используемых удобрений, на наш взгляд, является интенсивность развития мицелия микоризы в корнях клюквы крупноплодной. У сорта *Ben Lear* при культивировании на выработанном торфянике северной агроклиматической зоны данная характеристика варьировалась в диапазоне от 0 до 93% от всех просмотренных корней. Максимальной процент интенсивности развития мицелия микоризы наблюдался также в варианте с обработкой микробным удобрением МаКлоР в концентрации 5% и составлял 64% в корнях 1-го порядка и 93% в корнях 2-го порядка.

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.

Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Менее интенсивно развивался мицелий в варианте с обработкой органическим удобрением Экогум, данный показатель не превышал 54,0 (корни 1-го порядка) и 80,0 % (корни 2-го порядка) от просмотренных корней.

В корнях клюквы крупноплодной сорта *Stevens* высокий показатель интенсивности развития мицелия микоризы также наблюдался в вариантах с использованием микробного удобрения, как в концентрации 5, так и 10%. Однако при анализе интенсивности развития арбускул в корнях позднеспелого сорта было отмечено, что все варианты обработки уступали контрольному варианту. Интенсивность развития арбускул превышала в контрольном образце в 3-27 раза в корнях 1-го порядка и в 1,5-7 раза в корнях 2-го порядка вариантам обработки удобрениями. В корнях клюквы крупноплодной сорта *Ben Lear* была иная картина. Лучше себя проявила обработка микробным удобрением в концентрации 5%: интенсивность развития арбускул в корнях 1-го порядка составила 9,3%, в корнях 2-го порядка – 38,8% от просмотренных корней.

Эффективность использования микробного препарата в комплексе с АМГ в развитии микотрофного симбионта корневых систем клюквы подтверждена также метагеномным анализом, результаты которого представлены на рис. 4. Для четырех вариантов опыта определены разнообразие и пики грибов, которые встречаются в корнях клюквы. Несложно убедиться, что наибольшим видовым разнообразием грибных симбионтов (количество пиков) обладает хроматограмма под номером 1, соответствующая варианту с применением микробного препарата. На хроматограмме № 2, соответствующей варианту с внесением полного минерального удобрения, представительство грибов значительно ниже, а на № 3 – соответствующей контрольному варианту, видовое разнообразие минимально.

В качестве изучения ответной реакции развития вегетативной сферы опытных растений на использование минерального и микробного удобрений нами ранее [31] приведены результаты исследований, свидетельствующие о положительном влиянии препарата «МаКлоР» на развитие надземных органов клюквы крупноплодной, что также согласуется с данными эксперимента по изучению микоризы корней.

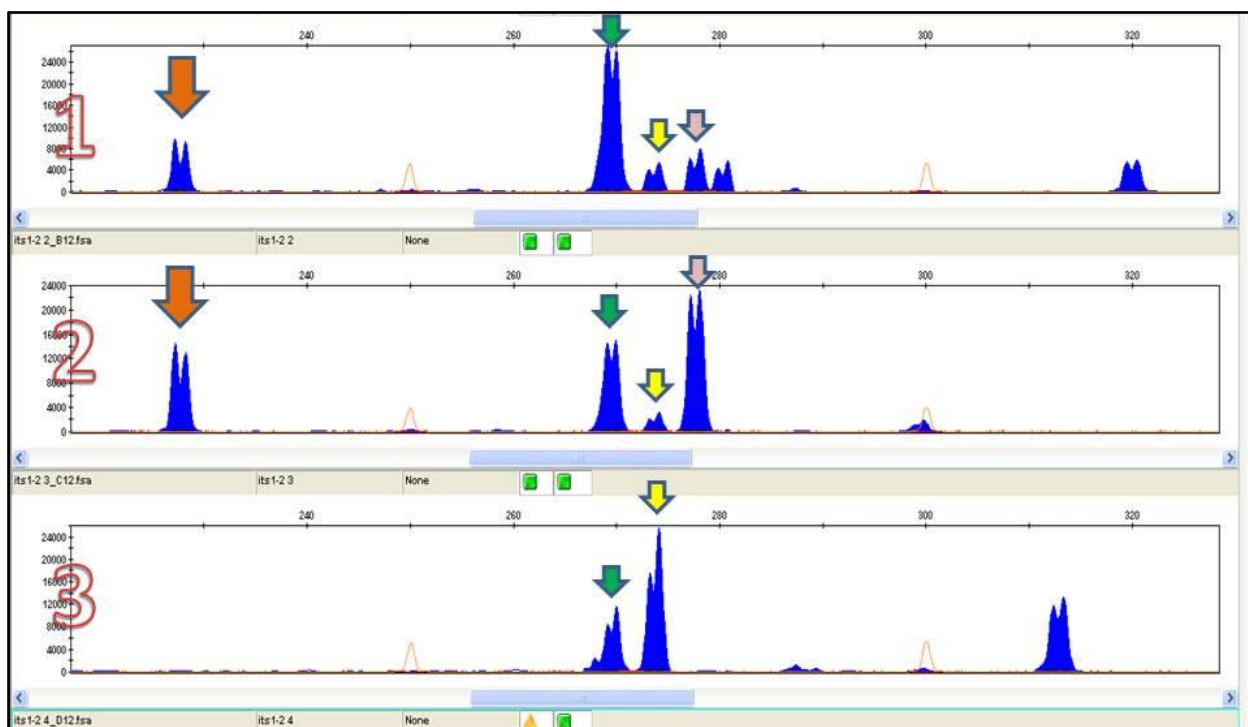


Рис. 4. Электрофоретические спектры микромицетов, представленных в корневых окончаниях клюквы крупноплодной сорта *Stevens*

Заключение

Проведенные исследования показали, что малотребовательные к уровню агрохимического обеспечения торфяного субстрата растения клюквы крупноплодной способны успешно решать свои задачи за счет инфицирования корневой системы микоризными грибами. Установлено, что применение полного минерального удобрения для сорта *Ben Lear* практически полностью ингибировало микотрофность корней. В корнях исследованных растений встречались и эрикоидная, и арбутоидная микориза, развитие которых определялось сортовой спецификой растений, особенностями погодно-климатической ситуации районов исследований, а также в зависимости от используемого агроприема. Комплексный микробный препарат «МаКлоР», обогащающий ризосферу растений полезными микроорганизмами, с момента вступления в контакт с ними формировал симбиотрофный тип взаимодействия, способствующий лучшему росту и развитию ягодной культуры клюквы крупноплодной. Таким образом, в полевом эксперименте у исследованных сортов клюквы происходило формирование микоризного симбиоза в той же степени, которая характерна для ненарушенных почв.

Список использованных источников:

1. Яковлев А.П., Рупасова Ж.А., Волчков В.Е. Культивирование клюквы крупноплодной и голубики топяной на выработанных торфяниках севера Беларуси: оптимизация режима минерального питания; под общ. ред. акад. В.Н. Решетникова. – Минск: Тонпик, 2002. – 188 с.
2. Davenport J.R. The effect of nitrogen fertilizer rates and timing on cranberry yield and fruit quality // Journal of the American Society of Horticultural Science. - 1996. - Vol. 121. - P. 1089–1094.
3. Eaton G.W. Effect of N, P, and K fertilizer applications on cranberry leaf nutrient composition, fruit color, and yield in a mature bog // Journal of the American Society of Horticultural Science. - 1971. - Vol. 96. - P. 430–433.
4. Алещенкова З.М. Микробные удобрения для стимуляции роста и развития растений // Наука и инновации. - 2015. - № 8 (150). - С. 66–67.
5. Дятлова К.Д. Микробные препараты в растениеводстве // Соросовский образовательный журнал. - 2001. - № 7(5). - С. 17–23.
6. Габибов М.А., Виноградов Д.В., Бышов Н.В. Агрочвоведение: Учебное пособие. - Рязань, 2018. – 326 с.
7. Курчевский С.М., Виноградов Д.В. Изменение основных свойств дерново-подзолистой почвы под действием органоминеральных удобрений и бактериального препарата Байкал ЭМ-1 // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - № 4. - С. 113-116.
8. Виноградов Д.В., Курчевский С.М. Роль агромелиоративных приемов в улучшении основных агрофизических свойств супесчаной дерново-подзолистой почвы // Агронарама, 2013. - № 6. - С. 10-12.
9. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П., Валько О.В., Фадькин Г.Н., Гогмачадзе Г.Д. Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в условиях Беларуси [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2015. – № 5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2015/5/st_20.doc
10. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на биохимические характеристики почвы // Юг России: экология, развитие. - 2016. - Т. 11. - № 4. - С. 139-148.
11. Габибов М.А., Виноградов Д.В., Бышов Н.В. Растениеводство: Учебник ФГБОУ ВО РГАТУ. - Рязань, 2019. – 302 с.
12. Vinogradov D.V., Lupova E., Khromtsev D., Vasileva V. The influence of biostimulants on productivity of coriander in the non-chernozem zone of Russia // Bulgarian Journal of Agricultural Science. - 2018. - Т. 24. - № 6. - С. 1078-1084.
13. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Нитрификационная активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник Рязанского государ-

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.
 Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной

 Электронный научно-производственный журнал
 «АгроЭкоИнфо»
 =====

ственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. - 2015. - № 2 (26). - С. 21-26.

14. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. -2015. -№ 7 (106). - С. 45-49.

15. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Экологические последствия развития интенсивного земледелия в Республике Беларусь // Проблемы региональной экологии. - 2016. - № 3. - С. 36-40.

16. Виноградов Д.В., Бышов Н.В., Лупова Е.И., и др. Производство ягодных культур в Рязанской области. - Рязань, 2017. – 260 с.

17. Лупова Е.И., Виноградов Д.В. Практикум по плодоводству: Учебное пособие. - Рязань, 2020. – 186 с.

18. Виноградов Д.В., Жулин А.В. Методические рекомендации по возделыванию ярового рапса в Рязанской области. – Рязань : Рязанский научно-исследовательский и проектно-технологический институт, 2008. – 40 с.

19. Соколов А.А., Виноградов Д.В. и др. Эффективность предпосевной обработки семян ячменя градиентным магнитным полем и биологическим препаратом «Гуми 80» // Международный научный журнал. – 2015. – № 5. – С. 98-104.

20. Виноградов Д.В. Особенности и перспективы использования льна масличного сорта Санлин // Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных культур. – Рязань, 2013. – С. 224-229.

21. Lupova E.I., Vysotskaya E.A., Vinogradov D.V. Improvement of elements of oil flax cultivation technology on gray forest soil // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 422. – Voronezh: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012081.

22. Рупасова Ж.А., Яковлев А.П., Решетников В.Н., Коломиец Э.И., Алещенкова З.М. Эффективность микробных удобрений при возделывании голубики на выработанных торфяниках Беларуси. - Минск : Беларуская навука, 2020. - 236 с.

23. Лученок Л.Н., Грудинская В.А., Пацевич А.И. Методика оценки фитотоксичности торфяных почв различных стадий трансформации // Мелиорация. - 2018. - № 3. - С. 50–53.

24. Read D. J. The biology of mycorrhiza in the *Ericales* // Canadian Journal of Botany. 1983. - V. 61(3). - P. 985–1004.

25. Read D.J., Leake J.R., Perez-Moreno J. Mycorrhizal fungi as drivers of ecosystem processes in heathland and boreal forest biomes Can. J. Bot. 2004. - Vol. 82. - P. 1243–1263.

26. Cairney J.W.G., Meharg A.A. Ericoid mycorrhiza: a partnership that exploits harsh edaphic conditions // Eur. J. Soil Sci. 2003. - Vol. 54. - P. 735–740.

27. Препарат микробный «МаКлоР» ТУ ВУ 100289066.105-2013.

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д.

Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

28. Boyer E.P., Ballington G.R., Hainland C.M. Endomycorrhizae of *Vaccinium corymbosum* L. in North Carolina // Journal of American Society Hort. Science. - 1982. - Vol. 107(5). - P. 751–754.

29. Лабутова Н.М. Методы исследования арбускулярных микоризных грибов. Санкт-Петербург, 2000. - 23 с.

30. Булавко Г.И., Яковлев А.П. Развитие микоризы на корнях представителей рода *Vaccinium* при культивировании на выработанных торфяниках // Вестник ННГУ им. Лобачевского. - 2014. - № 3(3). - С. 19–24.

31. Яковлев А.П. Культивирование клюквы крупноплодной с использованием биопрепаратов // Ягідник. №1(17), березень - 2020. - С. 10–13.
=====

Цитирование:

Зимич С.П., Яковлев А.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Биопрепараты как альтернатива для оптимизации питания клюквы крупноплодной [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_333.pdf.
DOI: <https://doi.org/10.51419/202133333>.