

УДК 541.186

## РАЗВИТИЕ МИКОРИЗЫ НА КОРНЯХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *VACCINIUM* ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ НА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ

© 2014 г.

*Г.И. Булавко, А.П. Яковлев*

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск

A.Yakovlev@cbg.org.by

Поступила в редакцию 12.05.2014

Представлены результаты исследований степени микоризации корневой системы ягодных растений рода *Vaccinium* при культивировании на участке выбывшего из промышленной эксплуатации торфяного месторождения. Установлено, что развитие микоризы в течение вегетационного сезона и в разные годы исследований более активно протекало в корнях интродуцированных растений голубики по сравнению с представителями местной флоры.

*Ключевые слова:* эрикоидная микориза, дикорастущий вид, интродуцированный вид, *V. uliginosum*, *V. angustifolium*, *V. corymbosum*, выбывшее из эксплуатации торфяное месторождение.

### Введение

Проведение биологического этапа рекультивации выработанных площадей торфяных месторождений Беларуси на основе возделывания ягодных растений сем. Ericaceae ускоряет восстановление естественных болотных экосистем и, вместе с тем, позволяет продуктивно использовать территории [1, 2]. Специфичность торфяного субстрата не ограничивается низкой кислотностью и недостаточностью зольных элементов, неполное разложение органического вещества в процессе формирования торфа приводит к накоплению различных фитотоксинов, которые подавляют рост растений. В связи с этим фиторекультивация площадей, выбывших из промышленной эксплуатации после добычи торфа или осушения болот, требует научно обоснованного подбора сортимента растений, способных произрастать в сложных экологических условиях. На бедных песчаных, тундровых, горных почвах, так называемых «вересковых пустошах» хорошо растут растения сем. Ericaceae, чему во многом способствует наличие микоризы у них на корнях [3–5].

Для представителей данного семейства характерно формирование эрикоидной и арбутоидной микоризы, которые свойственны сравнительно небольшому числу видов – 1.8% изученных микоризных растений [3]. В сложных экологических условиях выбывшего из промышленной эксплуатации торфяного месторождения инфицирование растений выглядит проблематичным, т.к. при добыче торфа сняты верхние слои, в которых сохраняется высокое разнообразие микроорганизмов, в том числе и

спор микоризообразующих грибов. Привнос микрофлоры во вновь сформированные экосистемы возможен аэрогенным путем или при посадке растений вместе с грунтом (при использовании контейнеров с закрытой корневой системой). Учитывая небольшой список видов, образующих эрикоидную микоризу, наличие видов, способных инфицировать ягодные растения, особенно интродуцированные виды, в этих условиях представляется маловероятным. В этой связи целью настоящих исследований явилось изучение степени микоризации корневой системы ягодных растений рода *Vaccinium* при культивировании на участке выработанной площади торфяного месторождения в условиях северной агроклиматической области Беларуси.

### Экспериментальная часть

В полевом эксперименте на участке выбывшего из промышленной эксплуатации торфяного месторождения «Журавлевское» (N 55°00'21" E 27°57'09") в качестве объектов исследования использовали как аборигенный, так и интродуцированные виды голубики: голубика топяная (*V. uliginosum* L.), голубика узколистная (*V. angustifolium* Ait.), голубика щитковая (*V. corymbosum* L.), а также межвидовые гибриды двух последних (*V. angustifolium* × *V. corymbosum*), относящиеся к категории полуввысоких голубик [6]. Строго следуя методике, разработанной для определения микоризы у представителей сем. Ericaceae [7], отобраны образцы, приготовлены препараты и проведено определение развития микоризной инфекции на корнях разных видов ягодных растений. Степень микоризации кор-

Таблица

## Степень микоризации корней голубики в годы исследования, %

Вид голубики	2009 г.			2010 г.			2011 г.		
	$\bar{x} \pm s_x$	$t_1$	$t_2$	$\bar{x} \pm s_x$	$t_1$	$t_2$	$\bar{x} \pm s_x$	$t_1$	$t_2$
Голубика топяная	40.6±1.3	–	–	20.4±3.0	6.18*	–	45.8±4.5	4.70*	–
Голубика узколистная	52.0±2.6	–	3.92*	40.0±4.0	2.52*	3.92*	70.2±2.8	6.19*	4.60*
Голубика щитковая	57.0±4.5	–	3.50*	21.5±3.5	6.23*	0.24	59.3±3.4	7.75*	2.39*
Голубика полувысокая	63.0±2.4	–	8.21*	36.0±3.2	6.75*	3.56*	66.4±3.6	6.31*	3.57*

Примечание:  $t_1$  – критерий Стьюдента определения различий по годам;  $t_2$  – критерий Стьюдента определения различий между *V. uliginosum* и интродуцированными видами; \* – статистически достоверные различия при  $p < 0.05$  ( $t_{теор.} = 1.96$ ).

ней определяли осенью 2009 г. и трижды (в начале, середине и конце) в течение вегетационных периодов 2010–2011 гг. Погодные условия в годы исследований существенно различались по величине гидротермического коэффициента (ГТК) и характеризовались как избыточно увлажненные (2009 г.), засушливые (2010 г.) и умеренно увлажненные (2011 г.).

### Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что и аборигенные, и интродуцированные виды голубики в достаточной мере инфицируются микоризными грибами. При определении степени микоризации корневых систем разных видов голубики последовательно в сентябре 2009, 2010, 2011 гг. установлено, что доля корней с грибным симбионтом повышалась у растений в ряду голубика топяная < голубика высокая < голубика полувысокая < голубика узколистная. В разные годы доля микоризованных корней у растений голубики различалась в 1.5–2 раза, но при этом общие закономерности из года в год сохранялись и были достоверны (таблица). Выявленные закономерности согласуются с данными эксперимента, выполненного на североамериканском континенте. Исследования, проведенные в США и Канаде, показали, что дикорастущие виды рода *Vaccinium* имеют более высокий уровень колонизации грибами, чем коммерческие виды (сорта голубики высокой и полувысокой) [4, 8].

Степень микоризной колонизации корней зависит от факторов окружающей среды, в частности от влажности и обеспеченности почвы биогенными веществами [9], поэтому закономерны изменения активности развития грибного симбионта при колебаниях климатических условий. Недостаточный уровень увлажнения

вегетационного сезона 2010 г. оказал значительное влияние на развитие микоризы исследуемых интродуцированных растений. И только корневая система голубики узколистной в меньшей степени оказалась подверженной снижению уровня колонизации грибом, которое происходит в результате уменьшения количества осадков и повышения температурного фона сезона вегетации. Разница степени микоризации в разные годы у каждого из видов голубики (за единичными исключениями) достоверна при вероятности 0.05 (таблица), что подтверждает влияние гидротермического режима вегетационного сезона на развитие микоризы.

Следует обратить внимание также и на то, что для большинства опытных растений степень микоризации корневых систем не зависит от их возраста. Изначально для закладки полевого эксперимента использовали двулетние парциальные кусты. По достижению 4-летнего возраста ягодных культур в одинаковых погодноклиматических условиях микоризная колонизация корней остается примерно на том же уровне, что и в более молодом возрасте. Опять же исключением явились кусты *V. angustifolium*, у которых в процессе взросления отмечено увеличение данного показателя на 74%.

Развитие грибного компонента зависит от активности фотосинтеза у растительного симбионта, поэтому в течение вегетационного периода степень микоризации корней меняется [4, 9]. Максимальная степень микоризации отмечена североамериканскими коллегами на стадии вегетации [4]. В наших исследованиях у местного вида – голубики топяной, а также голубики узколистной и щитковой наиболее активное заселение корней грибным симбионтом отмечено в начале периода вегетации, а на стадии цветения и плодоношения растений доля микоризованных корней у растений была значительно

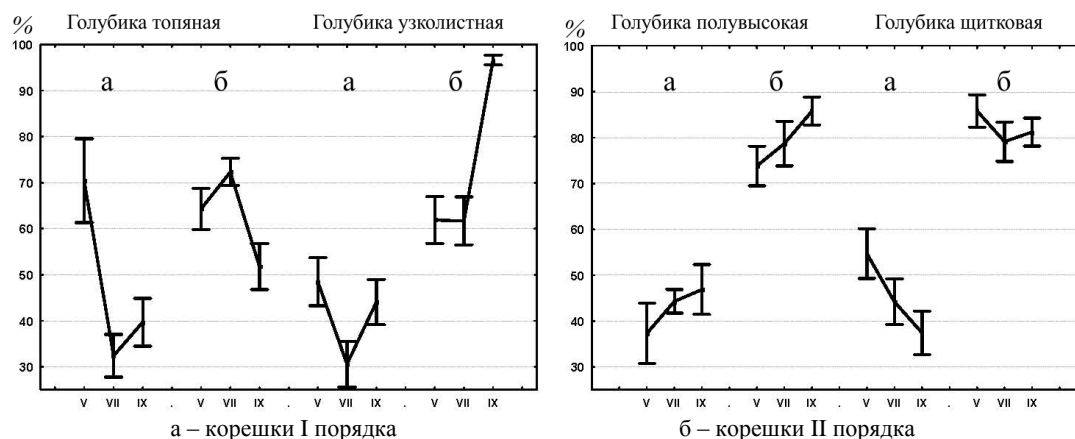


Рис. Сезонная динамика интенсивности развития микоризы на корнях разных видов голубики, % (средняя за 2010–2011 гг.)

ниже (рисунок). Для голубики полувысокой отмечена обратная тенденция – нарастание степени микоризации корневой системы к концу сезона вегетации.

У ранних сортов голубики узколистной и голубики высокой развитие инфекции менялось слабо в течение вегетационного периода, а достоверные различия по фазам развития отмечались только у голубики узколистной (рисунок).

Грибная инфекция проникает через тонкие «волосковые корни», доля таких корней в общей массе достигает 64%. Образование тонких корней активно происходит на стадии активного роста растений, в этот период идет активное заселение тонких корней грибным симбионтом. В ходе вегетации образование корней замедляется, и, по-видимому, снижается вероятность их инфицирования (встречи корня и гриба), поэтому доля колонизированных корней II порядка сокращается.

При раздельном определении доли микоризованных корней разной толщины, отнесенных к корешкам I и II порядков, очевидно, что на любой стадии развития растения грибной симбионт предпочитает самые тонкие корни.

### Заключение

Таким образом, в условиях остаточной торфяной залежи выбывшего из эксплуатации торфяного месторождения у всех исследованных видов голубики происходит формирование микоризного симбиоза в той же степени, которая характерна для ненарушенных почв. Вероятным источником инфекции служит грунт, который привносится вместе с саженцами голубики. У всех видов голубики более активно микориза развивается в самых тонких корнях II порядка. Степень колонизации корней в течение вегета-

ционного периода и ход сезонной динамики изменяются в зависимости от видовой принадлежности опытных растений и, как правило, имеют вид нисходящей линии. Только для межвидового гибрида голубики полувысокой выявлено увеличение показателей микоризной колонизации корней. На наш взгляд, это может быть обусловлено более длительным периодом сезонного развития растений в условиях выработанной площади торфяного месторождения. При определении доли микоризованных корней разной толщины очевидно, что на любой стадии развития растения грибной симбионт предпочитает самые тонкие корешки.

### Список литературы

1. Рупасова Ж.А., Яковлев А.П. Фиторекультивация выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси на основе возделывания ягодных растений сем. Ericaceae. Минск: Беларус. навука, 2011. 282 с.
2. Яковлев А.П. Сравнительная эффективность рекультивации выработанных площадей торфяных месторождений Беларуси на основе возделывания ягодных растений // Сб. науч. тр. Рязан. гос. аграр. техн. ун-т им. Костычева. Рязань, 2013. Вып. 10. С. 212–217.
3. Селиванов И.А. Микосимбиотрофия как форма консортивных связей в растительном покрове Советского союза. М.: Наука, 1981. 232 с.
4. Jeljazkova E., Percival D. Effect of drought on ericoid mycorrhizae in wild blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait) // Canadian Journal of Plant Science. 2003. V. 83. P. 583–586.
5. Read D.J. The biology of mycorrhiza in the Ericales // Canadian Journal of Botany. 1983. V. 61 (3). P. 985–1004.
6. Vander Kloet S.P. The taxonomy of *Vaccinium* and *Cyanococcus*: a summation // Canadian Journal of Botany. 1983. V. 61 (1). P. 256–266.

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

8. Goulart B.L., Schroeder M.L., Demchack K., Clark J.R., Lynch J.P., Darnell R.L., Wilcox W.F. Blue-

berry mycorrhizae: current knowledge and future directions // Acta Hort. 1993. V. 346. P. 230–239.

9. Johansson M. The influence of ammonium nitrate on the root growth and ericoid mycorrhizal colonization of *Calluna vulgaris* (L.) Hull from a Danish heathland // Oecologia. 2000. V. 123. P. 418–424.

#### MYCORRHIZA DEVELOPMENT ON ROOTS OF SOME REPRESENTATIVES OF THE GENUS *VACCINIUM* AT CULTIVATION ON CUT-AWAY PEATLANDS

G.I. Bulavko, A.P. Yakovlev

The article presents the results of research of the degree of mycorrhization of root systems of berry plants of the genus *Vaccinium* at cultivation on a cut-away peatland. It is found that during the growing season and in different years of research, mycorrhiza development in the roots of introduced blueberry plants was more active compared to the representative of the native flora.

*Keywords:* ericoid mycorrhiza, spontaneous species, introduced species, *V. uliginosum*, *V. angustifolium*, *V. corymbosum*, cut-away peatlands.

#### References

1. Rupasova Zh.A., Yakovlev A.P. Fitorekul'tivacija vybyvshih iz promyshlennoj jekspluatatsii torfjanyh mestorozhdenij severa Belarusi na osnove vzdelyvaniya jagodnyh rastenij sem. Ericaceae. Minsk: Belarus. navuka, 2011. 282 s.

2. Yakovlev A.P. Sravnitel'naja effektivnost' rekul'tivatsii vyrabotannyh ploshhadej torfjanyh mestorozhdenij Belarusi na osnove vzdelyvaniya jagodnyh rastenij // Sb. nauch. tr. Rjazan. gos. agrar. tehn. un-t im. Kostycheva. Rjazan', 2013. Vyp. 10. S. 212–217.

3. Selivanov I.A. Mikosimbiotrofija kak forma konsortivnyh svjazej v rastitel'nom pokrove Sovetskogo sojuza. M.: Nauka, 1981. 232 s.

4. Jeljazkova E., Percival D. Effect of drought on ericoid mycorrhizae in wild blueberry (*Vaccinium angustifoli-*

*um* Ait) // Canadian Journal of Plant Science. 2003. V. 83. P. 583–586.

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

6. Vander Kloet S.P. The taxonomy of *Vaccinium* and *Cyanococcus*: a summation // Canadian Journal of Botany. 1983. V. 61 (1). P. 256–266.

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

8. Goulart B.L., Schroeder M.L., Demchack K., Clark J.R., Lynch J.P., Darnell R.L., Wilcox W.F. Blue-berry mycorrhizae: current knowledge and future directions // Acta Hort. 1993. V. 346. P. 230–239.

9. Johansson M. The influence of ammonium nitrate on the root growth and ericoid mycorrhizal colonization of *Calluna vulgaris* (L.) Hull from a Danish heathland // Oecologia. 2000. V. 123. P. 418–424.