

УДК 630*232:630*161:633.877.3(470.4)

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МИКОРИЗЫ НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Иозус А.П., Завьялов А.А., Бойко С.Ю.

Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru

Для успешного роста и развития сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), как на стадии выращивания сеянцев, так и в состоянии взрослого насаждения, необходимо успешное симбиотическое взаимодействие с микоризными грибами. Изучалась микотрофность растений и их воздействие на основные физиологические характеристики. При выращивании сеянцев сосны в степных лесопитомниках на щелочных почвах к концу первого года вегетации значительное число сеянцев не имеет на корнях микориз. Эти сеянцы отличаются слабым ростом и специфической (бледной) окраской хвои. На второй год часть из них формирует микоризу, но большинство так и остаются немикоризованными: они слабо растут и часто погибают. По нашим наблюдениям, это вызвано трудностью процесса естественного микоризообразования из-за неблагоприятной реакции среды и отсутствия или недостаточного развития грибницы в почве. В то же время при создании сосновых культур в степных районах Волгоградской области очень часто наблюдаются их низкая приживаемость и порою гибель уже заложённых культур в первый год после посадки. Исследованиями установлено, что приживаемость микоризных сеянцев сосны на лесокультурной площади в условиях Волгоградской области в год посадки в 8–10 раз выше, чем у немикоризных; вдвое выше у микоризных сеянцев и прирост в высоту. Биохимический состав микоризных сеянцев отличается повышенным содержанием азота и фосфора. Это наблюдается как у однолетних, так и у двухлетних сеянцев. Содержание хлорофилла в хвое микоризных сеянцев значительно выше, чем в хвое немикоризных. В степной зоне очень важно качество сеянцев высокомикотрофных пород оценивать степень микоризации их корневых систем, что в дальнейшем окажет положительное влияние на приживаемость, рост и развитие деревьев в насаждениях.

Ключевые слова: микориза, сосна обыкновенная, сеянцы, хвоя, корневые системы, симбиоз

PECULIARITIES OF MYCORRYSIS IMPACT ON THE SURVIVAL AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF SEEDLINGS OF SCOTS PINE IN DRY STEPPE OF THE LOWER VOLGA REGION

Iozus A.P., Zavyalov A.A., Boyko S.Yu.

Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru

Successful growth and development of Scots pine (*Pinus silvestris* L.), both at the stage of growing seedlings and in the state of adult planting, requires successful symbiotic interaction with mycorrhizal fungi. We studied the mycotrophy of plants and their effects on basic physiological characteristics. In the cultivation of pine seedlings in the forest nurseries of the steppe in alkaline soil by the end of the first year of vegetation, a considerable number of seedlings do not have mycorrhiza on the roots. These seedlings are characterized by weak growth and specific (pale) color of needles. In the second year, some of them form mycorrhiza, but the majority still remain un-mycorized: they grow poorly and often die. According to our observations, this is caused by the difficulty of the process of natural mycorrhizal formation due to the adverse reaction of the environment and the absence or insufficient development of mycelium in the soil. At the same time, when creating pine crops in the steppe regions of the Volgograd region, their low survival and sometimes the death of already planted crops in the first year after planting are very often observed. Studies have found that the survival rate of mycorrhizal pine seedlings on the forest area in the Volgograd region in the year of planting is 8-10 times higher than that of non-mycorrhizal; twice higher in mycorrhizal seedlings and increase in height. The biochemical composition of mycorrhizal seedlings is characterized by a high content of nitrogen and phosphorus. This is observed in both annuals and biennial seedlings. The chlorophyll content in the needles of mycorrhiza seedlings is significantly higher than in the needles of non-mycorrhiza. In the steppe zone, it is very important to assess the quality of seedlings of high-mycotrophic rocks the degree of mycorization of their root systems, which in the future will have a positive impact on the survival, growth and development of trees in plantations.

Keywords: mycorrhiza, Scotch pine, seedlings, needles, root systems, symbiosis

В проекте доклада Минприроды России о состоянии и охране окружающей среды в 2017 г. предлагается бороться с учащением климатических аномалий и прочими катаклизмами, созданием барьера в виде зеленых насаждений, которые не только депонируют углекислый газ из атмосферы, но и значительно смягчают климатические катаклизмы.

Одной из основных пород защитного лесоразведения на юго-востоке европейской территории России является сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.). В 2019 г. в Волгоградской области сосна составит до 40% вновь создаваемых защитных насаждений разного типа. Поэтому актуальным является повышение устойчивости, долговечности и произво-

длительности вида, особенно на первом этапе создания насаждений до пяти-шести лет, возраста смыкания в ряду. В настоящее время у лесохозяйственных организаций нет возможности обеспечить не только ручной, но и механизированный уход в первые годы после посадки. Значительно повысить устойчивость и приживаемость позволит применение при посадке микоризных сеянцев.

Сосна обыкновенная относится к высокомикотрофным видам, для успешного роста и жизнедеятельности которых необходимо симбиотическое взаимодействие с грибом [1, 2], также отмечается зависимость между ростом, развитием высокомикотрофных растений и их микоризностью [2]. Следовательно, становится актуальным исследование микотрофности древесных растений как средства усиления их устойчивости к неблагоприятным факторам.

Как правило, на лесных почвах формирование симбиоза происходит уже при выращивании сеянцев сосны в лесных питомниках за счет имеющихся в почве грибов-микоризообразователей [3, 4].

При выращивании сеянцев сосны в степных лесопитомниках на щелочных почвах к концу первого года вегетации значительное число сеянцев не имеет на корнях микориз. Эти сеянцы отличаются слабым ростом и специфической (бледной) окраской хвои. На второй год часть из них формирует микоризу, но большинство так и остаются немикоризованными: они слабо растут и часто погибают. По нашим наблюдениям, это вызвано трудностью процесса естественного микоризообразования из-за неблагоприятной реакции среды и отсутствия или недостаточного развития грибов в почве. В то же время при создании сосновых культур в степных районах Волгоградской области очень часто наблюдаются их низкая приживаемость и порою гибель заложенных культур уже в первый год после посадки.

Цель исследования: изучить влияние микоризы на корнях сосновых сеянцев на их приживаемость и рост после высадки на лесокультурную площадь; определить содержание азота, фосфора, калия, хлорофилла в микоризных и немикоризных сеянцах. Выяснить влияние микоризы на приживаемость, так как лесокультурные площади в сухостепной зоне обычно представляют собой песчаные степные эродированные участки, в почве которых грибница мико-

ризообразующих грибов если и имеется, то развита очень слабо.

Материалы и методы исследования

Опыт был поставлен в СГБУ ВО «Камышинское лесничество» Волгоградской области в 2015–2017 гг.

Для определения приживаемости на одном и том же участке высаживались под лесопосадочную машину МЛУ-1 двухлетние сеянцы сосны с хорошо развитой микоризой и немикоризные. При отборе сеянцев их микоризность учитывалась по методике И.А. Селиванова [2]. Посадка проводилась 12 апреля 2016 г. Сохранность учитывалась сплошным подсчетом прижившихся сеянцев дважды (12/VI и 12/IX). Во второй срок, кроме того, замеряли прирост по высоте у сохранившихся сеянцев.

Для определения биохимического состава использовались однолетние и двухлетние сеянцы, выращенные на опытном участке питомника СГБУ ВО «Камышинское лесничество».

Для анализа однолетних сеянцев использовалась целиком корневая система и хвоя каждого растения. Содержание элементов определялось отдельно в корнях и хвое. При анализе двухлетних сеянцев брались навески хвои и корней. Повторность всех анализов пятикратная. Азот общий определялся по Кьельдалю, фосфор общий – колориметрическим методом с применением растворов молибденовокислого аммония и эйконогена, калий – кобальт-нитритным методом, сахара – по методу Бертрана (микрометод), хлорофилл – микроколориметрированием по Годневу [5]. Типы и подтипы микориз определялись по классификации Селиванова [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Все изученные нами микоризы сосны относятся к эумицетным хальмофаговым эктомикоризам. У исследуемых видов зафиксированы микоризы с плектенхиматическими, псевдопаренхиматическими, двойными и бесструктурными чехлами.

Искусственная микоризация осуществлялась спорами и мицелием. Мицелий заготавливался в старовозрастных сосновых насаждениях. Преимущество первого способа заключается в возможности внесения препарата в поливную систему, второго способа – в длительном сроке хранения приготовленного субстрата [4].

Данные по приживаемости микоризных и немикоризных сеянцев представлены в табл. 1.

Таблица 1

Приживаемость и прирост микоризных и немикоризных сеянцев сосны

| | Высажено, шт | Сохранилось на 12/VI-16 г. | | Сохранность к концу года | | Прирост по высоте, см | | |
|--------------|-----------------|-------------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------|------|------|
| | | шт. | % | шт. | % | x | S | V |
| Микоризные | 1000 | 918 | 91,8 | 526 | 52,6 | 7,1 | 0,48 | 6,76 |
| Немикоризные | 350 | 147 | 42 | 18 | 5,1 | 3,5 | 0,34 | 9,71 |

Примечание. Где x – масса, г; S – среднее квадратическое отклонение, г; V – коэффициент вариации, %.

Как видно из таблицы, приживаемость сеянцев, имевших на корнях хорошо развитую микоризу, несравненно выше приживаемости немикоризных сеянцев. Прирост по высоте уцелевших сеянцев без микоризы уступает микоризным в два раза.

Результаты этого опыта достаточно убедительно свидетельствуют о том, что сеянцы, не сформировавшие микориз в период произрастания на лесопитомнике, не могут выжить на лесокультурной площади: они в первый же год практически полностью погибают. Поэтому если посадочный материал имеет значительный процент немикоризных сеянцев, то наблюдается очень низкая приживаемость лесных культур. Конечно, наличие микоризы еще не гарантирует полной сохранности: как видно из таблицы, даже отобранные микоризные сеянцы прижились лишь на 52,6%. В связи с переходом к рынку под лесовыращивание в Волгоградской области отводят малопродуктивные, щебенистые, эродированные земли, сюда же добавляются обычные здесь засухи и суховеи. Но микоризные сеянцы все же противостоят неблагоприятным условиям значительно лучше немикоризных: в нашем опыте их сохранность была в несколько раз выше. Кроме того, наблюдается, что отпад немикоризных сеянцев начинается уже в первые месяцы после посадки даже до наступления засушливого периода – через два месяца после их высадки на участок сохранность оказалась лишь 42%.

Все вышесказанное, естественно, влечет за собой вопрос: имеют ли микоризные и немикоризные сеянцы сосны глубокие различия по своему биохимическому составу [6, 7].

Результаты биохимических исследований представлены нами в табл. 2–5.

В табл. 2 даются результаты анализов на содержание в корнях однолетних сеянцев азота, фосфора и калия.

В табл. 3 даются результаты анализов на содержание в хвое однолетних сеянцев азота, фосфора и калия.

Из таблицы видно, что у микоризных однолетних сеянцев содержание всех трех

элементов выше, чем у немикоризных. Особенно большая разница отмечена в содержании фосфора в корнях: у микоризных сеянцев его процентное содержание почти вдвое выше, чем у немикоризных.

Также больше у микоризных сеянцев содержание азота, особенно в корнях (содержание его в хвое увеличивается незначительно). Увеличение содержания калия также незначительно.

Результаты анализов были получены и для двухлетних сеянцев сосны (табл. 4 и 5).

Результаты анализов двухлетних сеянцев такие же, но есть и некоторые различия. Так, менее резко выражена разница в содержании фосфора в микоризных и немикоризных сеянцах, а разница в содержании калия вообще находится в пределах возможной ошибки опыта.

Интересным с точки зрения биохимической характеристики сеянцев является вопрос о содержании хлорофилла в хвое, так как это самым непосредственным образом влияет на накопление сеянцами органического вещества и на их состояние. Как показали результаты исследований, содержание хлорофилла в хвое микоризных сеянцев много выше, чем у немикоризных, причем на второй год эта разница не только не сглаживается, но даже увеличивается (табл. 6).

Тот факт, что степень микоризности сеянцев оказывает влияние на их приживаемость, рост и биохимический состав, всегда необходимо учитывать при выращивании посадочного материала высокомикотрофных пород. В тех случаях, когда на лесном питомнике естественное микоризообразование по каким-либо причинам затруднено, следует применить все возможные способы по стимулированию микоризообразования или внести дополнительную «порцию» микоризообразующих грибов с лесной почвой. Особенно важна посадка сеянцев с хорошо развитой микоризой в степных условиях, где в почвах почти полностью отсутствуют грибы-микоризообразователи.

Таблица 2

Результаты анализов на содержание в корнях однолетних сеянцев азота, фосфора и калия

| Определяемый элемент | Однолетние сеянцы | Масса во влажном состоянии, г | | | Масса абсолютно сухая, г | | | Количество элемента, мг | | | Элемент в% к сухой массе |
|----------------------|-------------------|-------------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|--------------------------|
| | | x | S | V | x | S | V | x | S | V | |
| Азот | Микоризные | 0,43 | 0,031 | 7,21 | 0,23 | 0,016 | 6,96 | 3,62 | 0,28 | 7,73 | 1,56 |
| | Немикоризные | 0,14 | 0,018 | 12,8 | 0,06 | 0,006 | 10,00 | 0,66 | 0,069 | 10,45 | 1,09 |
| Фосфор | Микоризные | 0,42 | 0,027 | 6,42 | 0,23 | 0,017 | 7,39 | 0,46 | 0,031 | 6,74 | 0,20 |
| | Немикоризные | 0,14 | 0,015 | 10,71 | 0,07 | 0,006 | 8,57 | 0,07 | 0,008 | 11,43 | 0,11 |
| Калий | Микоризные | 0,42 | 0,022 | 5,23 | 0,24 | 0,018 | 7,50 | 1,61 | 0,087 | 5,40 | 0,70 |
| | Немикоризные | 0,14 | 0,013 | 9,29 | 0,06 | 0,006 | 10,00 | 0,38 | 0,036 | 9,47 | 0,60 |

Таблица 3

Результаты анализов на содержание в хвое однолетних сеянцев азота, фосфора и калия

| Определяемый элемент | Однолетние сеянцы | Масса во влажном состоянии, г | | | Масса абсолютно сухая, г | | | Количество элемента, мг | | | Элемент в% к сухой массе |
|----------------------|-------------------|-------------------------------|-------|------|--------------------------|-------|------|-------------------------|-------|------|--------------------------|
| | | x | S | V | x | S | V | x | S | V | |
| Азот | Микоризные | 1,28 | 0,108 | 8,44 | 0,51 | 0,037 | 7,25 | 5,97 | 0,313 | 5,24 | 1,03 |
| | Немикоризные | 0,30 | 0,027 | 9,0 | 0,12 | 0,010 | 8,32 | 1,08 | 0,083 | 7,69 | 0,90 |
| Фосфор | Микоризные | 1,26 | 0,099 | 7,86 | 0,50 | 0,032 | 6,40 | 0,93 | 0,076 | 8,17 | 0,13 |
| | Немикоризные | 0,29 | 0,025 | 8,62 | 0,14 | 0,013 | 9,29 | 0,13 | 0,012 | 9,23 | 0,11 |
| Калий | Микоризные | 1,27 | 0,096 | 7,56 | 0,52 | 0,035 | 6,73 | 3,77 | 0,206 | 5,46 | 0,71 |
| | Немикоризные | 0,31 | 0,030 | 9,67 | 0,13 | 0,010 | 7,69 | 0,83 | 0,072 | 8,67 | 0,6 |

Таблица 4

Результаты анализов на содержание в корнях двухлетних сеянцев сосны азота, фосфора и калия

| Определяемый элемент | Однолетние сеянцы | Масса во влажном состоянии, г | | | Масса абсолютно сухая, г | | | Количество элемента, мг | | | Элемент в% к сухой массе |
|----------------------|-------------------|-------------------------------|-------|------|--------------------------|-------|------|-------------------------|-------|------|--------------------------|
| | | x | S | V | x | S | V | x | S | V | |
| Азот | Микоризные | 5,00 | 0,312 | 6,24 | 2,55 | 0,189 | 7,41 | 56,64 | 4,79 | 8,46 | 2,22 |
| | Немикоризные | 5,00 | 0,291 | 5,82 | 2,30 | 0,196 | 8,52 | 39,10 | 2,87 | 7,34 | 1,70 |
| Фосфор | Микоризные | 5,00 | 0,361 | 7,22 | 2,63 | 0,217 | 8,25 | 7,74 | 0,48 | 6,20 | 0,29 |
| | Немикоризные | 5,00 | 0,327 | 6,54 | 2,33 | 0,219 | 9,40 | 4,96 | 0,372 | 7,50 | 0,21 |
| Калий | Микоризные | 5,00 | 0,294 | 5,88 | 2,62 | 0,220 | 8,40 | 26,82 | 1,42 | 5,29 | 1,02 |
| | Немикоризные | 5,00 | 0,321 | 6,42 | 2,36 | 0,215 | 9,11 | 22,76 | 1,57 | 6,89 | 0,96 |

Таблица 5

Результаты анализов на содержание в хвое двухлетних сеянцев сосны азота, фосфора и калия

| Определяемый элемент | Однолетние сеянцы | Масса во влажном состоянии, г | | | Масса абсолютно сухая, г | | | Количество элемента, мг | | | Элемент в% к сухой массе |
|----------------------|-------------------|-------------------------------|-------|------|--------------------------|-------|------|-------------------------|-------|------|--------------------------|
| | | x | S | V | x | S | V | x | S | V | |
| Азот | Микоризные | 9,71 | 0,662 | 6,82 | 4,00 | 0,261 | 6,52 | 68,94 | 5,825 | 8,45 | 1,72 |
| | Немикоризные | 3,20 | 0,264 | 8,26 | 1,36 | 0,098 | 7,22 | 18,66 | 1,099 | 5,89 | 1,37 |
| Фосфор | Микоризные | 9,86 | 0,650 | 6,59 | 4,07 | 0,277 | 6,81 | 11,44 | 0,734 | 6,42 | 0,28 |
| | Немикоризные | 3,23 | 0,235 | 7,27 | 1,35 | 0,100 | 7,45 | 3,04 | 0,250 | 8,22 | 0,23 |
| Калий | Микоризные | 9,87 | 0,616 | 6,24 | 4,04 | 0,273 | 6,77 | 43,33 | 3,406 | 7,86 | 1,07 |
| | Немикоризные | 3,31 | 0,249 | 7,52 | 1,36 | 0,104 | 7,65 | 13,76 | 0,947 | 6,88 | 1,02 |

Таблица 6

Содержание хлорофилла в хвое микоризных и немикоризных семян сосны

| Показатель | Однолетние семена | | | Двухлетние семена | | |
|---------------------------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
| | x | S | V | x | S | V |
| Сухая масса хвои, г | | | | | | |
| микоризные | 0,84 | 0,071 | 8,45 | 0,91 | 0,070 | 7,68 |
| немикоризные | 0,75 | 0,076 | 10,1 | 0,82 | 0,076 | 9,27 |
| Содержание хлорофилла, мг | | | | | | |
| микоризные | 4,23 | 0,332 | 7,85 | 6,98 | 0,584 | 8,36 |
| немикоризные | 2,72 | 0,309 | 11,2 | 2,70 | 0,286 | 10,59 |
| Хлорофил в мг/г сух. в-ва | | | | | | |
| микоризные | 5,10 | 0,421 | 8,25 | 7,67 | 0,555 | 7,24 |
| немикоризные | 3,64 | 0,396 | 10,88 | 3,29 | 0,324 | 9,85 |

Большое значение имеет экономическая составляющая микоризации семян. По данным Е.А. Герониной [4], при проведении искусственной микоризации первоначальные затраты превышают базовые всего на 6–9%. При применении препаратов «Супер Корень» (Россия) и «Great White» (Plant Succes, США), а также препарата на основе мицелия «Микоризный» (ООО «Микобакс», Россия) затраты повышаются на 12–14%.

Выводы

1. Микориза семян сосны обыкновенной оказывает большое влияние на их приживаемость, рост и биохимический состав. Все изученные нами микоризы сосны относятся к эумицетным хальмофаговым эктомикоризам. У исследуемых видов зафиксированы микоризы с плектенхиматическими, псевдопаренхиматическими, двойными и бесструктурными чехлами.

2. Приживаемость микоризных семян на лесокультурной площади в условиях Волгоградской области в год посадки в 8–10 раз выше, чем у немикоризных; вдвое выше у микоризных семян и прирост в высоту.

3. Биохимический состав микоризных семян отличается повышенным содержанием азота и фосфора. Это наблюдается как у однолетних, так и у двухлетних семян. Содержание хлорофилла в хвое микоризных семян значительно выше, чем в хвое немикоризных.

4. Полученные результаты позволяют рекомендовать микоризацию семян сосны в большинстве лесных питомников Волгоградской области с песчаными, бедными и эродированными почвами. Невысокие базовые затраты позволяют значительно повысить приживаемость, сохранность и рост созданных из этих семян насаждений. Пока эта работа системно не проводится.

Список литературы / References

1. Адамович И.Ю. Соотношение основных подтипов микориз семян и родительских особей ели европейской, сосны обыкновенной и дуба черешчатого в условиях различного уровня радиоактивного загрязнения // Новые технологии. 2017. № 1. С. 98–104.

Adamovich I.Yu. Correlation of the Main Subtypes of Plantlets Mycorrhiza and Parental Species of European Fir-Tree, Scotch Pine and English Oak in the Conditions of Various Level of Radioactive Pollution // New technologies. 2017. № 1. P. 98–104 (in Russian).

2. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.

Selivanov I.A. Mycosymbiotrophism as a form of consortium connections in the vegetative cover of the Soviet Union. M.: Nauka, 1981. 232 p. (in Russian).

3. Бурцев Д.С. Зарубежный опыт искусственной микоризации семян лесных древесных пород с закрытой корневой системой // Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. 2014. Вып. 1. С. 47–61.

Burtsev D.S. Foreign experience of artificial minoritaii seedlings of forest tree species with the closed root system // Proceedings of Saint-Petersburg forestry research Institute. 2014. Issue. 1. P. 47–61 (in Russian).

4. Геронина Е.А. Перспективы использования искусственной микоризации при выращивании семян с закрытой корневой системой // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2014. Выпуск 4. С. 49–58.

Geronina E.A. Prospects of use of synthetic minoritaii when growing seedlings in closed root system // Proceedings of Saint-Petersburg scientific research Institute of forestry households Islands. 2014. Issue 4. P. 49–58 (in Russian).

5. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1983. 464 с.

Kramer P.J., Kozlowski T.T. Physiology of woody plants. M.: Lesnaya promyshlennost', 1983. 464 p. (in Russian).

6. Барышников Г.Я., Копытков В.В. Выращивание семян хвойных пород с высокой степенью микоризности корней // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (127). С. 76–80.

Baryshnikov G.Ya., Kopytkov V.V. Cultivation of coniferous seedlings with a high degree of mycorrhizal roots // Bulletin of the Altai state agrarian University. 2015. № 5 (127). P. 76–80 (in Russian).

7. Зайцев Г.А., Мухаметова Г.М., Веселкин Д.В. Особенности формирования микоризы сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6. С. 137–139.

Zaitsev G.A., Mukhametova G.M., Veselkin D.V. Features of formation of ordinary pine mycorrhiza in conditions of industrial pollution // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. № 6. P. 137–139 (in Russian).