

## ДИАГНОСТИКА И РЕГУЛЯЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

Чернобровкина Надежда Петровна, Робонен Елена Вильямовна

Петрозаводск, Учреждение Российской академии наук Институт леса  
Карельского научного центра РАН

Одним из основных факторов, от которого зависит эффективность лесовосстановления, является режим минерального питания сеянцев при выращивании в лесных питомниках. Ежегодно из почвы лесных питомников с посадочным материалом выносятся элементы минерального питания (ЭМП). Для выращивания сеянцев необходимо внесение их в почву. Используемые в лесных питомниках рекомендации по внесению элементов питания в почву под сеянцы хвойных пород основываются на почвенно-листовом анализе ЭМП [1, 2]. Определение точных доз внесения ЭМП под сеянцы хвойных растений целесообразно проводить с учетом потребности растений в каждом из элементов питания [3, 4, 5]. Хвойные древесные растения обладают высокой реутилизационной способностью и по абсолютному содержанию ЭМП в органах невозможно диагностировать их обеспеченность элементами питания. При одинаковом содержании определенных элементов питания в органах хвойных растений на разных фонах минерального питания оптимальные для роста и развития растений уровни их содержания в органах различны. Лишь в осенний период по биометрическим и биохимическим показателям с учетом ранее полученных данных по содержанию ЭМП в органах хвойных растений в период роста можно выявить, при каком содержании элементов питания в растениях в конкретных почвенно-климатических условиях они в период роста были оптимально обеспечены ЭМП. Однако вносить подкормки под растения, в частности под сеянцы хвойных пород, в осенний период, когда закончились ростовые процессы, уже поздно. Актуальным является разработка и теоретическое обоснование новых способов диагностики и регуляции обеспечения ЭМП сеянцев хвойных растений в период роста с учетом их физиологического состояния.

Из элементов питания наиболее дефицитными для сеянцев хвойных растений в условиях лесных питомников Карелии являются азот и бор [6, 7]. При исследовании азотного питания сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях лесных питомников Карелии был выявлен точный способ диагностики их азотного обеспечения. По активности фермента — глутаминсинтетазы, участвующей в первичной ассимиляции азота у растений, можно определить оптимальную дозу азота, обеспечивающую наиболее интенсивный рост и развитие растений в конкретных экологических и климатических условиях.

Для выявления способов диагностики борного обеспечения сеянцев сосны были проведены исследования их физиолого-биохимических показателей в период роста. Результаты исследований показали, что при выращивании сеянцев сосны обыкновенной второго года жизни в лесном питомнике на легких супесчаных почвах с низким содержанием бора (0.0007% от сухой почвы) стимулирующие рост растений дозы борной кислоты различны в зависимости от условий минерального питания — на низком фоне минерального питания ниже (1 кг га<sup>-1</sup>), чем на высоком (10 кг га<sup>-1</sup>). Бор оказывает стимулирующее влияние на рост сеянцев сосны при узком диапазоне содержания его в супесчаной почве и органах растений. Бор максимально повышает сухую массу растений к осеннему периоду на 29 и 57% по сравнению с контролем (без внесения бора) на низком и высоком фонах минерального питания соответственно. Дозы борной кислоты в 30 и 100 кг га<sup>-1</sup> оказались токсичными для сеянцев сосны, выращиваемых на двух фонах минерального питания. При этом хвоя сеянцев приобретала желто-бурое окрашивание. Токсичное влияние высоких доз бора на рост сеянцев сосны более значительно проявлялось в условиях низкого фона минерального питания по сравнению с высоким. При естественном содержании бора в почве в 0.0007% от сухой массы (контроль) уровень его содержания у сеянцев сосны в расчете на единицу сухого вещества практически не различался по фенофазам (период роста и после его окончания), а также по органам растения и составлял в хвое до 14 мг кг<sup>-1</sup> сухого вещества, стеблях — до 15.1, корнях — до 12, почках — до 12 мг кг<sup>-1</sup> сухого вещества.

В зависимости от условий минерального питания содержание бора в органах сеянцев сосны может варьировать в широком диапазоне (6–664 мг кг<sup>-1</sup> сухого вещества). Повышение уровня обес-

печенности семян ЭМП в период роста стимулирует закрепление бора корнями и ингибирует — хвоей к осеннему периоду. Большая часть бора локализуется в хвое, где его содержание изменяется под воздействием обеспеченности бором растений в наибольшей степени по сравнению с другими органами. Это дает основание использовать хвою для отработки способов диагностики обеспеченности бором хвойного растения. В связи с тем, что содержание бора в органах семян сосны, при котором отмечается максимальная интенсивность роста растений, на разных фонах минерального питания различно, этот показатель не может быть использован для диагностики обеспеченности бором хвойных растений.

В период роста семян сосны обыкновенной при различной обеспеченности бором было проведено исследование в хвое метаболитов азотного и липидного обменов, определяющих функциональную активность клеточных мембран, и, следовательно, интенсивность роста растений. Установлено, что оптимизация борного питания семян повышала азотный статус хвойного растения. Предполагается, что происходила стимуляция синтеза аминокислот и белков в хвое, поскольку отмечалось повышение содержания общего, белкового, небелкового азота и суммы свободных аминокислот. При этом содержание большинства свободных аминокислот в хвое увеличивалось. Отмечалась тенденция к снижению уровня пролина, лейцина и орнитина, а содержание лизина, фенилаланина, глицина и гистидина снижалось. Токсичная доза борной кислоты снижала содержание всех форм азота и уровень большинства свободных аминокислот в хвое за исключением цистеина, количество которого при токсичной дозе борной кислоты повышалось, что, возможно, связано с защитной функцией хвойного растения в ответ на токсичное влияние высокой дозы бора.

При дополнительном обеспечении бором семян сосны содержание суммарных липидов (СЛ) в хвое понижалось. Оптимизация борного питания семян, приводившая к интенсификации их роста, способствовала повышению уровня насыщенных жирных кислот (ЖК) преимущественно за счет пальмитиновой при соответствующем понижении уровня ненасыщенных ЖК и индекса ненасыщенности (ИН) ЖК за счет триеновых, преимущественно линоленовой и гексадекатриеновой. При этом содержание моноеновых и в меньшей степени — диеновых ЖК увеличивалось. При неблагоприятных условиях борного питания семян происходило повышение содержания ненасыщенных и короткоцепочечных ЖК. Повышенный уровень ненасыщенных и низкомолекулярных ЖК СЛ хвои, по-видимому, способствовал адаптации хвойного растения к неблагоприятным условиям борного питания.

С целью выявления возможности использования критерия устойчивости семян сосны обыкновенной к снежному шютте, как интегрального показателя функциональной диагностики обеспеченности растений бором, был проведен эксперимент по заражению растений снежным шютте на фоне различного обеспечения бором и другими ЭМП. В результате искусственного заражения фацидиозом семян сосны на низком и высоком фонах минерального питания отмечали гибель растений в контроле (без внесения борной кислоты) и в вариантах с высокой дозой ( $30 \text{ кг га}^{-1}$ ). Внесение в почву борной кислоты в дозах 1 и  $3 \text{ кг га}^{-1}$  на двух фонах минерального питания повысило сохранность семян. При этом в условиях низкого фона минерального питания сохранность растений была выше, чем на высоком фоне питания. Искусственное заражение фацидиозом приводило к повышению содержания фенольных соединений в хвое всех вариантов эксперимента, за исключением вариантов с дозами 1 и  $3 \text{ кг га}^{-1}$  на двух фонах минерального питания. В данных вариантах отмечена и максимальная устойчивость семян к воздействию патогена. Предполагается, что при внесении указанных доз борной кислоты под семена происходило изменение метаболизма фенольных соединений в растениях, которое в свою очередь и повышало устойчивость их к заражению. В данных почвенных условиях дозы борной кислоты в 1 и  $3 \text{ кг га}^{-1}$  являются оптимальными по критерию устойчивости к воздействию патогена. Проведенные исследования показали, что по устойчивости семян сосны к воздействию патогена в связи с различным обеспечением бором, можно диагностировать оптимальный уровень обеспеченности бором хвойных растений.

Таким образом, при оценке обеспеченности бором сосны обыкновенной следует учитывать не только общепринятые критерии — содержание микроэлемента в тканях и интенсивность роста, но и другие их физиолого-биохимические показатели, в частности, уровень азотных и липидных соединений в хвое, устойчивость к фацидиозу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение удобрений в лесных питомниках // Справочник лесничего / Под общ. ред. А.Н.Филипчука. 7-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2003. С. 250–253.
2. *Мордась А.А., Синькевич М.С.* Выращивание посадочного материала в лесных питомниках. Петрозаводск: Карелия, 1974. 45 с.
3. *Жигунов А.В.* Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. СПб: СПбНИИЛХ, 2000. 293 с.
4. *Кыдар М.М.* Определение потребности сеянцев сосны и ели в питании методом растительной диагностики // *Агрохимия*. 1986. № 2. С. 60–66.
5. *Шумаков В.С.* Шкала листовой диагностики потребности древесных пород в удобрениях // *Лесн. хоз-во*. 1983. № 12. С. 14–15.
6. *Чернобровкина Н.П.* Экофизиологическая характеристика использования азота сосной обыкновенной. СПб.: Наука, 2001. 175 с.
7. *Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В., Иготти С.А., Дорофеева О.С., Шенгелиа И.Д.* Влияние обеспеченности бором на рост сеянцев сосны обыкновенной // *Лесоведение*. 2007. № 5. С. 69–76.

### **БИОТЕХНОЛОГИЯ В ПЛАНТАЦИОННОМ ЛЕСОВЫРАЩИВАНИИ: ТЕХНОЛОГИИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

<sup>1</sup>Шестибратов Константин Александрович, <sup>2</sup>Жигунов Анатолий Васильевич

<sup>1</sup>Пушино, филиал Учреждения Российской академии наук Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова

<sup>2</sup>Санкт-Петербург, ФГУ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства

В лесной зоне России широко используемые на практике упрощенные технологии закладки и выращивания культур, как правило, не дают им преимуществ в росте по сравнению с молодняками естественного происхождения и даже не останавливают процесс смены ели и сосны осиной и березой. В отличие от таких посадок плантационные культуры, например, ели и сосны растут по II — Iб классам бонитета, т.е. они превосходят по продуктивности в среднем в 2-3 раза.

Главное преимущество плантационных культур (их форсированный рост) было получено как интегральный эффект сочетания определенных факторов и условий. К числу наиболее значимых из них относятся следующие: 1) закладка плантационных культур на площадях с достаточно плодородными почвами в условиях, отвечающих биологическим требованиям выращиваемых пород; 2) дифференцированная по регионам и лесорастительным условиям агротехника обработки почвы, при необходимости в сочетании с гидромелиорацией; 3) превентивная защита плантационных культур от конкурирующей растительности, вредителей и болезней; 4) реализация режимов оптимальной густоты на протяжении всего цикла выращивания древостоя с обеспечением формирования основной массы древесины за счет деревьев-лидеров с повышенной энергией роста; 5) использование селекционно-улучшенного, оздоровленного, а в ряде случаев крупномерного (ель) посадочного материала.

В настоящее время в лесохозяйственной практике используется не более 500 лесных пород, из которых только 50 в той или иной степени задействовано в селекционных программах. Селекционная работа в четырех поколениях проведена не более чем с 10 видами. Методы традиционной селекции в случае древесных растений сталкиваются зачастую с непреодолимыми трудностями, связанными с особенностями биологии этих объектов. Длительные жизненные циклы, низкий коэффициент наследования, высокая гетерозиготность, мультигенный характер наследования — это лишь часть биологических особенностей, препятствующих быстрому созданию новых генетически улучшенных форм лесных пород.

Лесная биотехнология в настоящее время рассматривается перспективной альтернативой традиционным методам селекции. Стартовой точкой лесной биотехнологии принято считать 1987 год — год создания первого трансгенного дерева, однако генно-инженерные методы представляют собой лишь часть этого направления биотехнологии растений. Оно включает в себя