

УДК 630*232.32

Перспективные формы минеральных удобрений и оптимизация почвенного плодородия при выращивании посадочного материала

В. В. Копытков¹, Н. П. Охлопкова¹, О. В. Кондратенко¹, А. А. Кулик²,
О. Б. Дормешкин³, В. Вл. Копытков⁴

Введение

Выращивание качественного посадочного материала на лесных питомниках зависит от ряда факторов, в первую очередь, от содержания элементов минерального питания в почве. Для повышения почвенного плодородия лесных питомников используют различные виды и формы минеральных и органических удобрений. Внесение удобрений оказывает существенное влияние на биометрические показатели посадочного материала и общий выход стандартных сеянцев с 1 га, а также способствует формированию хорошо развитой корневой системы и фотосинтетического аппарата [1-5].

Одним из перспективных путей интенсификации лесного хозяйства является использование минеральных удобрений. Перспективы использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве выдвигает на повестку дня вопросы очередности удобрения различных лесных объектов. В этом отношении предпочтение должно быть отдано тем объектам, на которых удобрения окажутся наиболее рентабельными: в первую очередь удобряются лесные питомники, далее – лесосеменные и ягодные плантации, спелые и приспевающие древостои. Удобрения неизбежны также при плантационном лесовыращивании. Высокая эффективность удобрений с учётом охраны окружающей среды достигается комплексом рекомендуемых мероприятий по выбору объектов, обеспечению оптимального уровня питания, соблюдению агротехники и технологии работ.

Выращивание посадочного материала сеянцев хвойных пород в условиях Беларуси осуществляется на постоянных и временных лесных питомниках. Лесные питомники различаются не только по своей занимаемой площади, но, в основном, по содержанию и обеспечению почвы элементами минерального питания.

Цель наших исследований заключалась в выявлении перспективных форм минеральных удобрений и оптимизации почвенного плодородия лесных питомников.

Методика исследований

Исследования проводились в постоянных питомниках Кобринского, Глубокского, Осиповичского опытных лесхозов и Корневской ЭЛБ Института леса НАН Беларуси. Почвенные образцы для агрохимических исследований отбирали из верхнего 20-сантиметрового слоя почвы, составляя смешанный образец из 10 индивидуальных в 4-кратной повторности. В лабораторных условиях в образцах почвы определяли по общепринятым методикам содержание гумуса, рН в солевой вытяжке, общие и подвижные формы азота, фосфора и калия [6-8].

Камеральная обработка собранного растительного материала заключалась в определении биометрических параметров сеянцев сосны и ели (общей массы растения, массы надземной и подземной частей сеянцев, высоты надземной части, диаметра корневой шейки, степени охвоенности стволика), а также в морфологическом исследовании их корневых систем. Из параметров развития корневых систем с приближением до 1 мм у каждого сеянца определяли: количество сосущих корней (до 1 мм), проводящих (от 1 до 3 мм) и скелетных (более 3 мм), порядок ветвления корней корневой системы (корни I, II и III порядка), проводили подсчет суммарной длины всех корней и площади корневой системы.

Связь между биометрическими параметрами сеянцев и степенью развития корневых систем сеянцев исследовали методами математической статистики [9] с использованием программ Excel и Statistica.

Результаты исследований и их обсуждение

В настоящее время существует несколько способов изготовления удобрений пролонгированного действия. Все способы можно разделить на следующие группы: 1 – удобрения вносятся в размельченные органические материалы и в полученную смесь вносят связующие добавки с последующим изготовлением прессованных таблеток; 2 – готовится смесь из минеральных наполнителей и удобрений, в которую вводятся цементирующие добавки и из полученной смеси прессуют таблетки; 3 – элементы питания вводятся при синтезе веществ типа пластмасс; 4 – гранулы удобрений покрывают оболочками.

В Республике Беларусь «Институт почвоведения и агрохимии» совместно с Белорусским государственным технологическим университетом, Институтом проблем использования природных ресурсов и экологии и Институтом общей и неорганической химии НАНБ, Институтом механики металлополимерных систем им. В.Н. Белого НАНБ, Институтом Леса НАНБ, Гродненским ПО «Азот», Гомельским химическим заводом и ПО «Беларуськалий» в период с 1983 по 2000 гг. разработано около 30 форм медленнодействующих азотных, калийных и комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений. Эти удобрения с макроэлементами и микроэлементами содержат физиологически активные соединения и регуляторы роста растений. На предприятиях Республики Беларусь разработаны в настоящее время перспективные формы удобрений: карбамид с гуматсодержащими добавками – регулятором роста растений из торфа «Гидрогумат», сульфат аммония с защитным покрытием, азотно-фосфорно-калийные удобрения с различным соотношением элементов питания ($N:P:K = 5:16:35$ и $N:P:K = 16:12:20$) с добавками «Гидрогумат» или регулятора роста растений из шелухи гречихи «Феномелан». На ПО «Беларуськалий» выпускались опытные партии медленнодействующего хлористого калия с биологически активными добавками и хлористый калий с биологически активными добавками и микроэлементами (медью или цинком, или совместно с медью и цинком), на Гомельском химическом заводе – силикофосфат.

Разработка новых форм минеральных медленнодействующих удобрений осуществлялась с целью получения удобрений с разной степенью замедления растворимости питательных элементов под различные растения, подбора перспективных связующих и биологически активных веществ для введения в состав известных стандартных удобрений; оценки совместимости модифицирующих добавок с точки зрения их технологической пригодности для введения в состав минеральных удобрений [10].

В лабораторных условиях НИГПИПА, БГТУ, ИММС НАНБ, Института леса НАНБ, НИГПИПА, ЦЗЛ Гродненского ПО «Азот», ИОНХ, НИИ ФХП БГУ моделировали возможные составы и способы введения модифицирующих добавок в удобрения (на поверхность готовых гранул или кристаллов удобрений, в плав или на стадии производственного процесса получения удобрений из отдельных компонентов).

В опытно-промышленных и промышленных условиях модифицирующие добавки вводили в состав минеральных удобрений следующими способами:

а) в азотные удобрения (на Гродненском ПО «Азот»):

– сульфат аммония – путем капсулирования, т.е. обработки кристаллического продукта на стадии сушки в сушилке-охладителе или введением добавки модификатора в раствор сульфата аммония на стадии упарки и кристаллизации;

– в карбамид – путем введения добавок в плав карбамида на первой ступени выпарки или нанесением защитного покрытия (капсулирования) на гранулы карбамида в аппарате с псевдооживленным слоем;

б) в калийные удобрения (на ПО «Беларуськалий» – второе Рудоуправление):

– нанесением защитного покрытия на гранулы хлористого калия или путем обработки циклонной пыли с помощью распылительной форсунки;

– заменой при обеспылиивании мелкозернистого хлористого калия, воды в обеспылиивающем растворе ПЭГ и мочевины на модифицирующие добавки;

в) в комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения с различным соотношением элементов питания (на Гомельском химическом заводе) — нанесением защитного покрытия на гранулы NPK удобрений с помощью распылительной форсунки, на выходе готового продукта из кондиционера или на входе готового продукта в кондиционер.

г) в фосфорные удобрения (силикофосфат), (на Гомельском химическом заводе) — смешением кремнеземсодержащего компонента с фосфорсодержащим.

Успешное развитие лесокультурного производства и продуктивность искусственных насаждений в значительной степени определяется качеством посадочного материала. Большое значение при выращивании посадочного материала имеют критерии оценки их качества. Наиболее достоверным и объективным критерием оценки качества сеянцев и саженцев хвойных пород является выход стандартного посадочного материала с единицы площади с учетом их приживаемости на лесокультурной площади и роста после посадки. Для получения стандартного посадочного материала в лесных питомниках необходимо создавать оптимальные почвенно-экологические условия и, в первую очередь, содержание гумуса, гранулометрического состава, содержание подвижных форм фосфора, обменного калия, кислотности почв и др.

Проблема повышения почвенного плодородия лесных питомников Беларуси на основе применения физической мелиорации с созданием оптимальных физико-химических и агрохимических свойств почв является актуальной в настоящее время.

Лесные питомники рекомендуют создавать на супесчаных или легкосуглинистых почвах, содержащих в верхнем 40-сантиметровом слое 10-30% суглинистой глины с содержанием гумуса не менее 2%. Однако в практике лесопитомнического хозяйства содержание гумуса не всегда достигает этой величины. Поэтому получить необходимый выход стандартных сеянцев приходится путем увеличения нормы высева семян. Получить наибольший выход стандартных сеянцев возможно при оптимальных почвенно-экологических факторах для конкретного вида и возраста растений. Почвенное плодородие является главным и основополагающим фактором, которое влияет на выход стандартных сеянцев. Лимитирующими факторами при выращивании посадочного материала являются содержание физической глины, гумуса, рН, подвижного фосфора и обменного калия, сумма поглощенных оснований, легкогидролизуемый азот.

Все перечисленные факторы взаимодействуют в сложных комбинациях друг с другом. Для построения модели оптимальных физических и агрохимических свойств лесных питомников нами учитывались следующие параметры:

1. Агрохимические свойства (гумус, легкогидролизуемый азот, подвижный фосфор, обменный калий, рН, сумма поглощенных оснований);
2. Физические свойства (плотность почвы; породность, запас продуктивной влаги);
3. Морфологические признаки (гранулометрический состав, мощность и характеристика верхних слоев почвы, структурность).

Для установления этих параметров до оптимальных значений используют систему внесения минеральных и органических удобрений. Оптимальными значениями этих параметров приведены в таблице 1.

Вышеуказанные оптимальные значения параметров физических и агрохимических свойств почв лесных питомников оказали положительное влияние на биометрические показатели сеянцев хвойных пород и выход стандартного посадочного материала. Высота стволика сеянцев увеличилась на 21-36%, диаметр корневой шейки на 25-32%, протяженность охвоенной части на 27-39% и сырая масса 100 сеянцев на 24-29%, а выход стандартного посадочного материала увеличился на 12-28%.

Для математического анализа и обобщения экспериментальных данных использовали современный аппарат математической статистики и компьютерные программы MS Excel 2003, MS Word 2003. Для расчета основных статистических характеристик использована

программа STATISTICA 8.0. Достоверность результатов оценивали по критериям t-Стьюдента с учетом 3-х доверительных уровней ($p = 95\%$, $p = 99\%$, $p = 99,9\%$) и F-Фишера с учетом уровня значимости $p = 95\%$.

Таблица 1 – Оптимальные значения физической и агрохимических свойств почв лесных питомников

Параметры	Оптимальные значения
Агрохимических свойств почвы:	
гумус, %	2,5 – 3,5
легкогидролизуемый азот, мг/кг почвы	70-100
подвижный фосфор, мг/кг почвы	200-350
обменный калий, мг/кг почвы	150-180
pH _{KCl}	4,5-6,0
сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	15-25
Физические свойств почвы:	
плотность почвы, г/см ³ ;	1,00-1,15
порозность, %	55-60
запас продуктивной влаги, мм	25-30
Морфологические признаки почвы:	
Гранулометрический состав – содержание физической глины, %	18-25
Мощность и характеристика верхних слоев почвы, см	20-25
Структурность	хорошо выражена мелкокомковатая

Обработка результатов исследований по влиянию почвенно-экологических факторов на биометрические показатели сеянцев хвойных пород методом регрессионного анализа позволила установить тесные регрессионно-корреляционные связи между ними (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты регрессионного анализа по влиянию почвенно-экологических факторов на биометрические показатели сеянцев хвойных пород

Биометрические показатели сеянцев	Уравнение регрессионно-корреляционные связи
Высоты стволика сеянцев, см	$Y = 16,30 + 1,22 A - 0,43 B + 0,38 B - 2,45 G; R^2 = 0,9844$
Диаметр корневой шейки, мм	$Y = 4,01 + 0,002 A + 0,13 B - 0,07 B - 0,26 G; R^2 = 0,8564$
Протяженность охвоенной части стебля, см	$Y = 11,24 + 0,42 A + 0,38 B - 0,70 B - 0,43 G; R^2 = 0,7652$

Примечание: А – содержание подвижного фосфора, мг/кг;

Б – содержание гумуса, %;

В – содержание обменного калия, кг/га;

Г – содержание физической глины, %

Анализируя данные коэффициента детерминации (R^2), примерно 98 % изменений высоты, 86 % изменений диаметра у корневой шейки и 77 % протяженности охвоенной части стебля обусловлено содержанием основных элементов питания и физической глины.

Оптимизацию механического состава пахотного слоя почвы питомника необходимо проводить путем тщательного перемешивания его с одновременным внесением минеральных удобрений. Для активизации мощной почвенной микрофлоры следует вносить экологически чистые биопрепараты: азотовит, бактофосмин, активатор почвенной микрофлоры и др.

При выращивании сеянцев хвойных пород следует учитывать их биологические особенности. Если сравнить сеянцы сосны с сеянцами ели, то можно сказать, что сосна предпочитает более легкие почвы и оптимальное содержание физической глины находится в верх-

нем 0-20 см слое почвы и должно составлять 20-25 %, а для ели – 30-35 %.

Внесение различных компостов с целевыми добавками и полимерных структурообразователей почвы обеспечивают накопление и сохранение влаги, а также улучшают почвенную экологию. Наилучшие показатели получены при совместном использовании органических и минеральных удобрений при внесении полимерных структурообразователей почвы.

Биометрические показатели семян находятся в прямой зависимости от уровня почвенного плодородия.

С целью изучения качества посадочного материала сосны обыкновенной нами проведено обследование почв постоянных питомников Корневской ЭЛБ ИЛ НАНБ (далее – Корневка) и Кобринского опытного лесхоза (далее – Кобрин) на содержание основных элементов питания.

Результаты агрохимических анализов почв исследуемых лесных питомников представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Агрохимические показатели почвы лесных питомников

Место отбора почвы	рН _{KCl}	Содержание гумуса, %	Содержание подвижных форм, мг/100 г			Содержание общих форм, %		
			N _{легкий}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K
Питомник Кобринского опытного лесхоза	5,6	0,67	2,13	30,17	9,02	0,291	0,069	0,066
Питомник Корневской ЭЛБ	5,8	1,32	3,14	31,77	6,22	0,397	0,073	0,074

Из таблицы 3 следует, что почвы Корневки и Кобрин по показателю кислотности и содержанию подвижных и общих форм азота, фосфора и калия практически не отличались. В тоже время установлено, что содержание гумуса в почве Корневки в 1,4 раза было выше, чем в почве Кобрин. Содержание подвижного фосфора в почве двух питомников значительно превышало даже оптимальное его содержание в почве.

Анализ биометрических параметров надземных и подземных частей семян сосны на разных питомниках (таблица 4) выявил большую вариацию между биометрическими показателями растений. По биометрическим параметрам семена сосны, выращенные в посевном отделении Корневки, превышали семена сосны Кобрин. Так, диаметр корневой шейки семян Корневки был в 1,5 раза, а общая надземная масса растений в 2,2 раза была выше, чем у семян Кобрин. Остальные показатели биометрических параметров семян Корневки превышали, в среднем, на 10% показатели семян Кобрин.

Следовательно, в данном случае наблюдалась прямая зависимость между биометрическими параметрами роста семян двух питомников и плодородием почвы.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика семян сосны посевных отделений двух питомников

Параметры семян	Показатели семян			
	Корневская ЭЛБ		Кобринский опытный лесхоз	
	M _{min} / M _{max}	M ± m _M	M _{min} / M _{max}	M ± m _M
Биометрические параметры семян				
Высота надземной части, см	5,6 / 12,2	8,8±0,38	6,1 / 9,0	8,0±0,30
Диаметр корневой шейки, мм	1,0 / 4,5	2,2±0,18	1,0 / 2,2	1,5±0,13
Степень охвоенности стволика, см	2,7 / 9,4	6,1±0,36	4,3 / 7,0	6,0±0,29
Длина главного корня, см	8,6 / 18,3	13,8±0,53	6,8 / 16,7	12,7±1,13

Суммарная длина всех корней, см	20,7 / 235,7	85,9±3,43	31,9 / 123,3	76,1±10,02
Масса составных частей сеянца, г:				
Надземной части	0,25 / 4,57	1,72±0,21	0,15 / 0,91	0,56±0,07
Корней	0,05 / 1,59	0,54±0,08	0,14 / 0,75	0,45±0,06
Общая масса сеянца	0,30 / 6,16	2,26±0,29	0,29 / 1,66	1,01±0,13
Количество корней, шт. на 1 растение				
Сосущих (до 1 мм)	42 / 151	81,1±8,52	33 / 342	198,1±28,13
Проводящих (от 1 до 3 мм)	73 / 811	296,1±37,53	85 / 487	313,1±35,03
Скелетных (3 мм и более)	10 / 135	43,1±6,45	10 / 56	22,1±4,82
Общее число корней, шт.	98 / 1028	420,2±45,41	128 / 707	533,3±52,87
Количество корней I порядка, шт.	6 / 39	19,6±1,81	7 / 28	17,0±1,83
Количество корней II порядка, шт.	1 / 69	15,8±4,02	2 / 26	10,4±2,35

Содержание гумуса, общих и легкогидролизуемых форм азота и фосфора в почве посевого отделения Корневки в 1,1-2 раза превышало эти показатели в почве Кобринка (таблица 3).

Однако при сравнении корневых систем посадочного материала выявлено, что общее число корней сеянцев Кобринка в среднем в 1,3 раза выше, по сравнению с сеянцами Корневки. Причем, на корневых системах сеянцев Кобринка преобладали по численности сосущие и проводящие корни размером до 1 мм и от 1 до 3 мм и их численность, соответственно, в 2,4 и 1,1 раза была выше, чем у сеянцев Корневки.

Установлено также, что количество скелетных корней (более 3 мм длины) в 2 раза превышало этот показатель на корневых системах сеянцев Корневки. На корневых системах этих растений отмечено больше корней I порядка (в 1,2 раза) и II порядка (в 1,3 раза), чем на корневых системах сеянцев Кобринка.

Таким образом, повышение почвенного плодородия лесных питомников приводит к увеличению биометрических параметров надземных частей сеянцев. Недостаток гумуса в почве стимулирует развитие корней сеянцев.

Выводы

Проведенные многолетние исследования по использованию различных форм и доз обычных и медленнодействующих удобрений в постоянных лесных питомниках для выращивания посадочного материала показали, что медленнодействующие удобрения с добавками биологически активных веществ имеют агрономические, экономические и экологические преимущества перед обычными стандартными удобрениями.

Для получения стандартного посадочного материала в лесных питомниках необходимо создавать оптимальные почвенно-экологические условия и, в первую очередь, содержание гумуса, гранулометрического состава, содержание подвижных форм фосфора, обменного калия, кислотности почв и др.

Лесные питомники рекомендуют создавать на супесчаных или легкосуглинистых почвах, содержащих в верхнем 40-сантиметровом слое 10-30% суглинистой глины с содержанием гумуса не менее 2%. При выращивании сеянцев хвойных пород следует учитывать их биологические особенности, а именно, сосна предпочитает более легкие почвы и оптимальное содержание физической глины в верхнем 0-20 см слое почвы должно составлять 20-25%, а для ели – 30-35%.

Наблюдается прямая зависимость между надземными биометрическими параметрами сеянцев сосны и содержанием основных элементов питания в почвах двух питомников. Установлено, что на питомнике, где показатели почвенного плодородия (содержание гумуса, подвижных форм азота и фосфора) были выше (Корневская ЭЛБ), биометрические параметры сеянцев сосны, соответственно, превышали в 1,1-2,2 раза показатели сеянцев Кобринского опытного лесхоза.

Abstract. The paper considers the promising forms of mineral fertilizers applied to planting stock

of conifers. The interplay between the percentage of standard seedlings and soil-ecological factors is shown. Optimal values of physical and agrochemical properties of soils of forest nurseries to obtain the maximum percentage of standard seedlings per unit of nursery area are determined. Regression-correlation equations of the effect of the soil-ecological factors on the biometric indices of the seedlings are presented.

Литература

1. Наставление по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии / Гос. ком. СССР по лесн. хоз-ву, МЛХ БССР; сост. А.И. Савченко [и др.]. – Минск: Ураджай, 1986. – 111 с.
2. Маркина, З.Н. Влияние почвенных условий на биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной / З.Н. Маркина, А.В. Милешина // Сб. науч. тр. /Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель, 2007. – Вып. 67: Проблемы лесоведения и лесоводства. – С. 197-200.
3. Смирнов, Н.А. Выращивание посадочного материала для лесовосстановления / Н.А. Смирнов. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 169 с.
4. Редько, Г.И. Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках / Г.И. Редько [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 64 с.
5. Малюга, Ю.Е. Теоретическое обоснование эффективности азотных удобрений пролонгированного действия в лесном и сельском хозяйстве Украины / Ю.Е. Малюга. – Х.: ЧПИ «Новое слово», 2006. – 438 с.
6. Коробченко, Ю.Т. Определение легкогидролизруемого азота в почвах // Агрехимия. – 1975. – №11. – С. 106-108.
7. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд. МГУ, 1962. – С. 345-346.
8. Никитин, Б.А. Методика определения содержания гумуса в почве // Агрехимия. – 1972. – №3. – С. 123-125.
9. Зайцев, Г.Н., Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука. – 1984. – 424 с.
10. Пироговская, Г.В. Медленнодействующие удобрения / Г.В. Пироговская. – Мн.: Белорусский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, 2000. – 287 с.

Институт леса НАН Беларуси¹,
Кобринский опытный лесхоз

Поступило 23.01.09

Брестского ГПХО²,

Белорусский государственный
технологический университет³,

Институт механики металлополимерных
систем им. В.А. Белого НАНБ⁴