

Биолого-физиологические особенности сеянцев сосны обыкновенной в различных лесорастительных зонах Нижегородской области

Е.В. Лебедев, к.б.н., *Р.В. Капустин*, аспирант,
Нижегородская ГСХА

Использование продуктивного посадочного материала при создании лесных культур сосны является необходимым условием их успешного роста. Продуктивность сеянца определяется деятельностью фотосинтетического аппарата и корневой системы. Фотосинтез древесных растений чаще всего изучался путём прямого определения количества поглощённого CO_2 , что не позволяло выйти на уровень организма из-за весьма сложного учёта потерь на дыхание и корневые экссудаты [1]. Деятельность корневой системы изучали на декапитированных корневых окончаниях [2], что не давало возможности судить о поглотительной активности корней целого растения и связать её с активностью листового аппарата. Определение продуктивности сеянцев в питомниках проводили по морфометрическим характеристикам [3]. Количественные данные работы фотосинтетического аппарата, корневой системы и биологической продуктивности сеянцев сосны обыкновенной во взаимосвязи в условиях питомника на уровне организма в литературе отсутствуют [4]. **Целью** нашего исследования было определение количественных данных чистой продуктивности фотосинтеза, минеральной и биологической продуктивности, а

также установление характера связи между ними у сеянцев сосны обыкновенной в питомниках зон широколиственных, хвойно-широколиственных и хвойных лесов Нижегородской области.

Материал и методы исследования. Объектами исследования служили 1- и 2-летние сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Были изучены морфометрические и физиологические характеристики растений, произраставших в условиях открытого грунта в питомниках Богородского (зона широколиственных лесов), Дзержинского (зона хвойно-широколиственных лесов) и Сокольского (зона хвойных лесов) лесничеств. Места расположения питомников различались по почвенно-климатическим характеристикам (табл. 1).

Извлечение растений из почвы без нарушения корневых окончаний проводили в октябре 2011 г., когда вегетационный период был завершён, поскольку осенние и зимние отрицательные температуры частично разрушают пигментную систему фотосинтетического аппарата, резко снижая его активность на границах вегетации [5]. В лаборатории каждое растение расчленили на хвою, стебли и корневые пряди, которые взвешивали с точностью до 0,01 г и использовали для определения массы сухого вещества каждого органа и целого растения. Площадь хвои вычисляли весовым методом, чистую продуктивность

1. Почвенно-климатические условия мест проведения эксперимента

Лесничество	pH	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Осадки, мм/год	Безморозный период, дней	Тип почвы	Приход ФАР за вегетацию, кал/см ²
Богородское	5,4	2,0	169	125	500	135	Серая лесная	26076
Дзержинское	5,1	2,2	182	116	550	135	Дерново-подзолистая	25160
Сокольское	5,5	1,5	107	71	600	130	Дерново-подзолистая	24060

2. Морфологические показатели и интенсивность микоризации (ИМ) корневых систем 1- и 2-летних сеянцев сосны обыкновенной в различных лесорастительных условиях

Зона (леса)	Длина активного корня, мм		Диаметр активного корня, мкм		Точки роста, шт./м		УАПКС, см ² /м		Длина корней в единице массы, м/г		ИМ, %	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Широколиственные	1,13	1,29	359	301	235	93	2,92	1,12	14,7	12,7	69,7	40,2
Хвойно-широколиственные	1,71	1,09	322	283	148	178	2,50	1,70	16,3	6,5	67,8	57,6
Хвойные	1,72	1,19	299	314	186	207	2,99	2,45	17,3	6,6	16,7	38,1
НСР ₀₅	0,10	0,08	18	14	48	40	0,61	0,43	3,7	2,2	13,2	13,3

фотосинтеза (ЧПФ) – по А.А. Ничипоровичу [6]. Детальный анализ активной части корневой системы и минеральной продуктивности корней (МП) проведён по В.М. Лебедеву [7]. Содержание азота, фосфора и калия в биомассе определяли общепринятыми агрохимическими методами. Биологическую продуктивность двухлетних растений (БП) находили по относительному увеличению первоначальной абсолютно сухой массы растения, интенсивность микоризации – по Д.В. Весёлкину [8].

Результаты и их обсуждение. Анализ активной части корневой системы сеянцев показал, что у однолетних сеянцев сосны длина активного корня в разных климатических зонах различалась в 1,5 раза, диаметр активного корня – в 1,2, количество точек роста – в 1,6 раза (табл. 2). При этом максимальная длина активного корня наблюдалась в зонах хвойных и хвойно-широколиственных лесов, наибольшие диаметр активного корня и количество точек роста, приходящихся на единицу длины корневой системы, – в зоне широколиственных лесов. Показатель удельной активной поверхности корневой системы (УАПКС) и длина корней, приходящаяся на единицу массы растения, во всех трёх зонах статистически не различались.

Различия по длине активного корня двухлетних сеянцев составили – 1,2 раза, по диаметру активного корня – 1,1, по количеству точек роста – 2,2, по УАПКС – 2,2, а по длине корней, приходящейся на единицу массы, – 1,9 раза. Максимальной длиной активного корня и длиной корней, приходящейся на единицу массы, характеризовались растения в зоне широколиственных лесов. Максимальный диаметр активного корня наблюдался в зонах широколиственных и хвойных лесов, количество точек роста – в зонах хвойных и хвойно-широколиственных лесов, а УАПКС – в зоне хвойных лесов. Таким образом, активная поверхность корневой системы сеянцев,

в зависимости от зоны, формировалась либо за счёт увеличения размеров активного корня, либо за счёт увеличения степени ветвления. Интенсивность микоризации у однолетних сеянцев различалась в 4,2 раза и была максимальной в зоне широколиственных и хвойно-широколиственных лесов. У двухлетних растений различия были меньше (1,5 раза), а максимальная интенсивность микоризации наблюдалась в зоне хвойно-широколиственных лесов. При этом показатель микоризации в зонах широколиственных и хвойно-широколиственных лесов снизился в 1,7 и 1,2 раза соответственно, а в зоне хвойных лесов интенсивность микоризации выросла в 2,3 раза.

Изменения морфологии активной части корневой системы не могли не сказаться на её функциональной активности и минеральной продуктивности (табл. 3). Отношение корневого потенциала (КП) к фотосинтетическому (ФП) у сеянцев-однолеток трёх зон различалось в 1,3 раза. Максимальным соотношением КП/ФП было в зоне широколиственных лесов, где функциональная связь корневой системы с фотосинтетическим аппаратом характеризовалась как пониженная, т.к. единица активной поверхности корней могла обслужить 14,5 м² поверхности хвои, а в зоне хвойных лесов – 19,2 м². У двухлетних сеянцев функциональная связь корневой системы с фотосинтетическим аппаратом в зоне широколиственных лесов по сравнению с однолетними резко возросла, когда единица активной поверхности корней обслуживала 83,3 м² хвои. Минимальная же функциональная связь корневой системы с фотосинтетическим аппаратом среди двухлеток была в зоне хвойных лесов, где единица поверхности активных корней могла обслужить только 12,2 единицы поверхности хвои.

Минеральная продуктивность сеянцев сосны в трёх зонах изменялась обратно пропорционально отношению КП/ФП и пропорционально функциональной активности корневой системы

3. Поглощительная деятельность корневой системы 1- и 2-летних сеянцев сосны обыкновенной в различных лесорастительных зонах

Зона (леса)	КП/ФП		Поглощено элемента, мг/м ² сутки						ЧПФ, г/м ² день		БП, раз
			N		P		K				
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Широколиственные	0,069	0,012	206	1165	71	403	130	735	1,04	0,78	18,06
Хвойно-широколиственные	0,057	0,028	255	621	88	215	161	392	1,11	0,89	5,73
Хвойные	0,052	0,082	277	291	96	101	175	183	2,84	0,69	1,97
НСР ₀₅	0,010	0,007	49	168	17	58	31	106	0,11	0,15	2,67

растений. Это также подтверждается высокими отрицательными коэффициентами корреляции между КП/ФП и МП, которые в зависимости от зоны изменялись у однолеток от -0,836 до -0,916, а у двухлеток от -0,808 до -0,923. Различия по азоту, фосфору и калию в пределах опыта составили 1,35 и 4,0 раза для однолеток и двухлеток соответственно. По сравнению с однолетками МП сеянцев-двухлеток по всем элементам выросла в 1,1–5,7 раза в зависимости от зоны.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) сеянцев-однолеток была максимальной в зоне хвойных лесов. Различия по этому показателю в пределах трёх зон составили 2,7 раза, а у двухлеток – 1,28 раза. При этом ЧПФ во всех зонах снизилась в 1,3–4,1 раза. Наибольшее снижение показателя отмечено в зоне хвойных лесов, а наибольшая ЧПФ сеянцев-двухлеток наблюдалась в хвойно-широколиственных, а наименьшая – в хвойных лесах. Анализ относительного увеличения первоначальной массы сеянца показал, что биологическая продуктивность (БП) двухлеток была максимальной в широколиственных лесах, а минимальной – в хвойных. Показатель хвойно-широколиственных лесов занимал среднее положение. Различия по трём зонам составили 9,2 раза. Растения с большей биологической продуктивностью характеризовались более активной поглощительной деятельностью корневой системы. Коэффициент корреляции между БП и МП (по азоту, фосфору и калию) варьировал от среднего значения (0,636) – в зоне широколиственных лесов до высоких значений в зонах хвойно-широколиственных лесов и хвойных лесов: 0,819 и 0,975 соответственно. Таким образом, однолетние сеянцы сосны обыкновенной в зоне хвойных лесов характеризовались лучшими показателями функциональной и физиологической активности корневой системы, большей фотосинтетической активностью хвои и биологической продуктивностью. Однако с ростом организма (у сеянцев-двухлеток) максимальные показатели поглощительной активности, фотосинтетической активности хвои и биологической продуктивности наблюдались в зоне широколиственных лесов, а показатели зоны хвойных лесов были минимальными.

Выводы. 1. Активная поверхность корневой системы сеянцев сосны обыкновенной в зависи-

мости от лесорастительной зоны формировалась либо за счёт увеличения размеров активного корня, либо за счёт увеличения степени ветвления. Интенсивность микоризации корней однолетних сеянцев различалась в 4,2 раза и была максимальной в зоне широколиственных и хвойно-широколиственных лесов. У двухлетних растений различия составили 1,5 раза, а максимальная интенсивность микоризации была в зоне хвойно-широколиственных лесов.

2. Максимальная функциональная и поглощительная активность корневой системы сеянцев-однолеток наблюдалась в зоне хвойных лесов, а у двухлеток – в зоне широколиственных лесов.

3. Максимальная чистая продуктивность фотосинтеза сеянцев-однолеток наблюдалась в зоне хвойных лесов, минимальная – у двухлеток в зоне хвойных лесов. Значительно выше была ЧПФ зон широколиственных и хвойно-широколиственных лесов. Максимальная биологическая продуктивность, рассчитанная для двухлеток, наблюдалась в зоне широколиственных лесов, а минимальная – в зоне хвойных лесов. В пределах трёх климатических зон показатель различался в 9,2 раза.

Литература

1. Болондинский В.К., Ялынская Е.Е. Фотосинтез и дыхание ветвей сосны в зависимости от возраста и пространственного расположения // Природная и антропогенная динамика наземных экосистем: всерос. конф., посвящ. памяти выдающегося исследователя лесов Сибири А.С. Рожкова (1925–2005 гг.). Иркутск, 2005. С. 58–61.
2. Судачкова Н.Е., Гирс Г.И. и др. Физиология сосны обыкновенной. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1990. 248 с.
3. Сафина А.Р. Эффективность предпосевной обработки семян и внесения азотных удобрений при выращивании сеянцев ели европейской и сосны обыкновенной в условиях Предкамья Республики Татарстан: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Казань, 2012. 18 с.
4. Лебедев Е.В. Возможности повышения биологической продуктивности лесобразующих пород в условиях экологического потенциала Нижегородской области: дисс. ... канд. биол. наук. Н. Новгород, 2003. 193 с.
5. Суворова Г.Г. и др. Максимальная интенсивность фотосинтеза ели сибирской и лиственницы сибирской в Прибайкалье // Лесоведение. 2003. № 6. С. 58–65.
6. Ничипорович А.А. О методах учёта и изучения фотосинтеза как фактора урожайности // Труды ИФР АН СССР. 1955. Т. 10. С. 210–249.
7. Лебедев В.М. Определение активной поверхности и минеральной продуктивности корневой системы плодовых и ягодных культур // Методика исследования и вариационная статистика в научном плодоводстве: сб. докладов Междунар. науч.-практич. конф. 25–26 марта 1998 г. Мичуринск: МГСХА, 1998. Т. 2. С. 39–42.
8. Весёлкин Д.В. Функциональное значение микоризообразования у однолетних сеянцев сосны и ели в лесных питомниках // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № 4. С. 12–18.