

УДК 574.24:581.131:630.161.32*164.3:631.847 .3

**ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ СПОРАМИ МАСЛЁНКА ПОЗДНЕГО
(*SUILLUS LUTEUS*) НА МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ,
ФОТОСИНТЕЗ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ
СЕЯНЦЕВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ
И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

Е.В. Лебедев

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

Исследована реакция сеянцев лиственницы сибирской и сосны обыкновенной на различные концентрации спор маслёнка позднего, проведённое на уровне целого организма в микрополевым опыте на дерново-подзолистой почве подзоны южной тайги. Инокуляция приводит к росту интенсивности микоризации корневых систем обеих пород, что позволяет растениям снизить относительную долю корневой системы, увеличить функциональную связь корневой системы с листовым аппаратом и поглотительную активность на единицу поглощающей поверхности. Это процессы дают возможность растениям увеличить чистую продуктивность фотосинтеза, биологическую продуктивность и сток углерода. Для повышения продуктивности сеянцев достаточно внести в расчёте на 1 м² почвы 7,4 млн. спор маслёнка позднего.

Ключевые слова: *Лиственница сибирская, сосна обыкновенная, дерново-подзолистые почвы, микориза, маслёнок поздний, фотосинтез, минеральное питание, биологическая продуктивность, депонирование углерода.*

Введение. Одним из наиболее эффективных путей повышения продуктивности древесных растений в настоящее время является оптимизация минерального питания. Однако применение минеральных удобрений имеет ряд недостатков: исчерпаемость их ресурсов, дороговизну промышленного производства (синтез аммиака), трудность применения на обширных лесных площадях, а также ряд негативных последствий для самих растений и окружающей среды в случае превышения концентраций [12].

В связи с ограничениями техногенного влияния на ростовые процессы древесных пород огромное значение приобретает экологизация лесного хозяйства, включённая в перечень перспективных направлений исследований Международного союза лесных исследовательских организаций – IUFRO [6; 14]. Одним из путей обеспечения растений минеральными элементами в рамках экологизации лесного хозяйства является использование микоризы, которая в естественных условиях прекрасно развивается вокруг корня и, охватывая большой объём почвы, делает доступными для растений

элементы, далеко отстоящие от ризосферы [8; 26]. Так было установлено, что транспорт фосфора к поверхности корней живыми гифами грибов микоризы может быть в 1000 раз быстрее, чем диффузия его через почву [17]. По мнению Р.В. Tinker [27], инокуляция корней микоризой может быть эквивалентна внесению нескольких сот кг фосфора на гектар.

Микоризация не только положительно влияет на рост большинства древесных пород [12; 18], облегчая доступность минеральных элементов, но и улучшает водный режим [22], а также угнетает рост сорняков в питомниках и культурах [28]. При этом сама микоризация проводится один раз, и количество гиф гриба растёт с возрастом растений [19]. При необходимости инокуляция микоризой может с успехом применяться и совместно с удобрениями [20]. Одной из важных задач при практическом использовании микоризы является выделение наиболее эффективных грибов-симбионтов [25]. Ведутся также исследования по инокуляции грибом контейнерного посадочного материала [24]. Показана целесообразность применения микоризы при выращивании представителей рода *Larix* Philip Miller из соматических эмбрионидов [23].

Отдельного внимания заслуживает возможность использования плодовых тел микоризообразующих грибов в пищевых целях. Так, по данным французских исследователей, с 1 га площади под лесными культурами, в зависимости от древесной породы, можно получить до 15 кг/га трюфеля французского (*Tuber melanosporum* Vittad.), а маслёнка зернистого (*Suillus granulatus* (L.) Kuntze) и рыжика (*Lactarius deliciosus* (L.) Gray) – по 1–3 и 0,4–0,5 кг с дерева в год соответственно [16].

Несмотря на довольно обширный материал по микоризе, основная масса исследований посвящена изучению особенностей их строения и влиянию симбиоза на архитектуру корневых систем [3]. О реакции же сеянцев лесных пород на симбиоз с грибом судили, как правило, лишь по высоте, а реже – по массе растений [4; 21]. Тем не менее, в литературе отсутствуют количественные данные по влиянию микоризации растений на физиологическую активность корневой системы и её связь с работой листового аппарата на уровне организма [15].

Целью данной работы было изучение реакции сеянцев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на инокуляцию различными дозировками спор гриба-микоризообразователя древесных пород – маслёнка позднего (*Suillus luteus* (L.) Gray). Задачи нашего исследования: получение количественных данных о влиянии дозы внесения спор *S. luteus* на морфологию, поглотительную и функциональную активность корневой системы, фотосинтетическую деятельность листового аппарата и депонирование углерода у сеянцев *L. sibirica* и *P. sylvestris*; определение дозы спор, при которой эти породы характеризуются максимальной продуктивностью.

Материал и методика. Объектами исследования стали однолетние сеянцы лиственницы сибирской (*L. sibirica*) и сосны обыкновенной (*P. sylvestris*). Растения выращивали в условиях микрополевого опыта в 2008 г. на дерново-подзолистой почве на северо-западе Нижегородской обл. в Сокольском р-не в зоне хвойных лесов. Поскольку в опыте моделировалось воздействие спор гриба-микоризообразователя на изучаемые растения в естественных условиях (питомник), то почва на опытном участке, которой заполняли пакеты, не подвергалась стерилизации и содержала естественный фоновый состав грибов и микроорганизмов.

Эксперимент по каждой породе состоял из шести вариантов. В контрольных вариантах споры маслёнка позднего (*S. luteus*) не вносились. В остальные варианты их вносили по 7,4, 14,8, 29,6, 59,2 и 118,5 млн./м². Растения высаживались в заглубленные полиэтиленовые пакеты без дна (вмещавшие 40 кг почвы) с соблюдением пространственной изоляции. Площадь питания каждого растения составила 100 см², что соответствует 1 млн. штук/га. В опыте использовались споры маслёнка, полученные в предыдущем году. Подсчёт количества спор в единице объёма суспензии осуществляли под микроскопом МБИ-6. Инокуляция растений проводилась путем нормированного впрыскивания шприцем водной суспензии спор в корнеобитаемый слой. Вывод растений на заданные режимы проведён через 10 дней после появления на растениях первичных корешков. Опыт продолжался 120 суток. В конце эксперимента растения осторожно извлекались из почвы без нарушения корневых окончаний и поступали в лабораторию на детальный анализ. В каждом варианте проанализировали по 14 растений лиственницы и сосны, при этом каждое растение служило повторностью. Поверхность хвои пород определялась по приведённым нами формулам [1]. Чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определяли по А.А. Ничипоровичу [9], энергетическую эффективность фотосинтеза (КПД ФАР) – по Х.Г. Тоомингу и Б.И. Гуляеву [11], а долю содержания углерода в биомассе – по данным К.С. Бобковой и В.В. Тужилкиной [2]. Детальный анализ активной части корневой системы и минеральной продуктивности корней (МП) проведён по В.М. Лебедеву [7]. Об интенсивности микоризации судили по проценту микоризных корневых окончаний от общего количества активных корней [4]. Содержание азота, фосфора и калия в биомассе определяли по А.В. Петербургскому [10]. Биологическую продуктивность пород (БП) находили по относительному увеличению первоначальной массы растения. Биометрическая обработка экспериментального материала проведена по Б.А. Доспехову [5] на ПЭВМ с использованием пакета прикладных программ MS Excel.

Результаты и обсуждение. Анализ активной части корневой системы сеянцев показал, что внесение спор маслёнка позднего достоверно увеличивало длину активного корня у лиственницы при внесении 7,4 и 14,8 млн./м² спор в 1,33 и 1,37 раза соответственно (табл. 1), у сосны же показатель не претерпел изменений по сравнению с контролем. Средняя длина активного корня лиственницы в пределах опыта была в 1,47–2,39 раза выше, чем у сосны. На диаметр активного корня и величину удельной активной поверхности корневой системы (УАПКС) растений инокуляция спорами маслёнка достоверно не повлияла. Следует также отметить, что показатель УАПКС лиственницы был в 1,52 – 2,06 раза выше, чем у сосны. Степень ветвления корневой системы лиственницы была максимальной в контроле и достоверно падала во всех вариантах с внесением спор в 1,42 – 1,85 раза. Однако у сосны различий в пределах опыта по этому показателю не наблюдалось.

Таблица 1

Влияние инокуляции спорами маслёнка на активную часть и интенсивность микоризации (ИМ) корневой системы лиственницы (Лц) и сосны (С)

Доза спор, млн./м ²	Длина акт. корня, мм		Диаметр акт. корня, мкм		Точек роста, шт./м		УАПКС, см ² /м		ИМ, %	
	Лц	С	Лц	С	Лц	С	Лц	С	Лц	С
0	2,22	1,49	401	389	179	138	4,84	2,47	34	27
7,4	2,97	1,34	383	375	114	135	4,01	2,08	76	66
14,8	3,04	1,27	393	431	103	132	3,73	2,27	72	70
29,6	2,53	1,42	394	349	124	159	3,75	2,47	78	65
59,3	2,33	1,55	406	357	126	120	3,74	2,09	80	68
118,5	2,41	1,64	411	358	97	111	3,92	1,90	79	81
НСР 0,05	0,60	0,31	55	91	39	49	1,32	0,76	13	17

Интенсивность микоризации корневых окончаний обеих пород достоверно выросла по сравнению с контролем уже при внесении первой дозы спор (7,4 млн./м²) и также была выше контрольных значений при увеличении вносимых доз спор. Различия по этому показателю в пределах опыта у лиственницы составили 2,12–2,35, а у сосны – 2,41–3,00 раза. Необходимо отметить, что средняя длина активного корня лиственницы была выше, чем у сосны в 1,47–2,41, а показатель УАПКС – в 1,52–2,17 раза. У обеих пород преобладали вильчатые и булабовидные микоризные окончания (более 90%), а коралловидные – встречались единично.

Целостность растения как саморегулирующейся системы обеспечивается функциональной связью листового и корневого питания, находящихся (применительно к условиям произрастания) в динамическом равновесии. Листовой аппарат и корневая система – две

стороны единого процесса питания. О влиянии микоризы на функциональную активность листового аппарата и корневой системы судили по отношениям поверхности хвои и активной части корневой системы к единице сухой массы растения – Сл/Р и Ск/Р (табл. 2).

Поверхность хвои, приходящаяся на единицу абсолютно сухой массы у лиственницы при внесении спор маслёнка снизилась, по сравнению с контрольным значением, в 1,14–1,41 раза. Аналогичная реакция наблюдалась и у растений сосны, где было отмечено снижение показателя Сл/Р в 1,09–1,20 раза. У сосны на единицу сухой биомассы приходилась поверхность хвои, большая чем у лиственницы в 1,79–2,22 раза.

Если сосна характеризовалась относительно большей поверхностью фотосинтетического аппарата, чем лиственница, то активная поверхность лиственницы, приходящаяся на единицу сухой биомассы растения, была выше, чем у растений сосны в 1,38–1,53 раза в пределах эксперимента. Показатель Ск/Р у обеих пород достоверно снижался при внесении даже минимальной дозы спор гриба. Увеличение количества вносимых спор не вызывало дальнейшего снижения Ск/Р. В пределах опыта при инокуляции грибом-микоризообразователем, по сравнению с контролем, показатель снизился в 1,91–2,21 и в 1,89–2,24 раза у лиственницы и сосны.

Таблица 2

Функциональная активность корневой системы и листьев лиственницы (Лц) и сосны (С) при инокуляции спорами маслёнка

Доза спор, млн./м ²	Сл/Р, см ² /г		Ск/Р, см ² /г		КП/ФП	
	Лц	С	Лц	С	Лц	С
0	67,2	120,2	38,3	26,5	0,57	0,22
7,4	58,7	110,3	18,2	13,2	0,31	0,12
14,8	53,0	107,4	19,6	14,0	0,37	0,13
29,6	49,4	109,8	19,3	13,2	0,39	0,12
59,3	47,6	100,6	20,0	13,1	0,42	0,13
118,5	57,6	106,9	17,3	11,8	0,30	0,11
НСР 0,05	8,2	6,2	4,1	2,3	0,10	0,03

Функциональная связь корневой системы с фотосинтетическим аппаратом характеризуется отношением корневого потенциала (КП) к фотосинтетическому (ФП). Минимальная функциональная связь была в контрольных вариантах, где показатели КП/ФП у пород были максимальными. Следовательно, у лиственницы 1 м² активной поверхности корневой системы обслуживал 1,75 м², а у сосны – 4,55 м² поверхности хвои соответственно. Внесение спор привело к смещению динамического равновесия между поверхностями питания в сторону относительного роста ФП. Так, единица активной поверхности корней лиственницы могла обслужить 2,38–3,33 м², а у растений сосны – 7,69–

9,09 м² поверхности хвои. Растения сосны в пределах опыта имели относительно большую величину $Sл/P$, чем лиственницы при близких значениях $Sк/Pи$ более высокий (в 2,58–3,25 раза) показатель КП/ФП. Смещение динамического равновесия двух поверхностей питания в результате заселения корней микоризой не могло не сказаться на минеральной продуктивности (МП) корневой системы изучаемых пород. В контрольных вариантах растениями лиственницы и сосны было поглощено 71 и 45 мг азота, 18 и 14 мг фосфора, а также 28 и 32 мг калия в расчёте на единицу активной поверхности корневой системы в сутки (табл. 3). Внесение спор гриба увеличивало МП лиственницы во всех вариантах опыта в 2,1–2,3 раза по азоту и в 2,0–2,3 раза по фосфору и по калию. Поглотительная активность сосны, по сравнению с контролем, выросла в 2,3–3,8, в 2,6–3,1 и в 2,0–2,6 раза по азоту, фосфору и калию соответственно.

Таблица 3

Минеральная продуктивность корневой системы лиственницы (Лц) и сосны (С) при инокуляции спорами маслёнка

Доза спор, млн./м ²	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	Лц	С	Лц	С	Лц	С
0	71	45	18	14	28	32
7,4	152	172	39	44	61	82
14,8	151	120	38	41	59	76
29,6	149	103	38	36	59	65
59,3	150	121	36	42	56	76
118,5	164	115	42	40	65	72
НСР 0,05	21	28	5	10	8	18

Необходимо отметить, что лиственница и сосна поглощали близкие количества фосфора, однако поглощение азота у лиственницы было выше, чем у сосны в пределах опыта в 1,2–1,6 раза (за исключением варианта с внесением минимальной дозы спор, где МП лиственницы была ниже, чем у сосны). Поглощение же калия сосной было выше, чем растениями лиственницы в пределах опыта в 1,1–1,4 раза. Анализ фотосинтетической активности хвои пород показал, что при инокуляции растений спорами гриба чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) выросла, по сравнению с контролем, у лиственницы в 1,36–1,70, а у сосны – в 1,21–1,36 раза (табл. 4). При этом максимальная ЧПФ у лиственницы была в вариантах с внесением спор в дозах 29,6 и 59,3 млн./м², а у сосны – от 14,8 до 118,5 млн./м². Следует отметить, что растения лиственницы характеризовались более высокими, чем у сосны значениями ЧПФ. В пределах опыта различия составили 2,09–2,67 раза. Значения КПД ФАР и количество биомассы,

синтезированной единицей поверхности хвои за вегетацию, у обеих пород изменялись в пределах опыта аналогично ЧПФ.

Интегральным показателем работы фотосинтетического аппарата и корневой системы растения является его биологическая продуктивность – БП (табл. 5). Внесение спор маслёнка во всех применяемых в опыте дозах вызывало рост БП лиственницы в 1,73–1,91, а сосны – в 1,39–1,55 раза. Между вариантами с микоризацией в пределах каждой породы достоверных различий по показателю отмечено не было. В пределах опыта БП лиственницы была выше, чем у сосны в 1,68–2,30 раза.

Таблица 4

Фотосинтез, энергетика и количество биомассы, синтезированной единицей поверхности хвои за вегетацию, у лиственницы (Лц) и сосны (С) при инокуляции спорами *S. luteus*

Доза спор, млн./м ²	ЧПФ, г/м ² день		КПД ФАР, %		Биомасса за вегетацию, г/м ²	
	Лц	С	Лц	С	Лц	С
0	1,82	0,87	0,46	0,21	218	104
7,4	2,48	1,05	0,63	0,26	297	126
14,8	2,81	1,12	0,71	0,27	337	134
29,6	2,94	1,10	0,75	0,27	352	132
59,3	3,09	1,18	0,78	0,29	371	142
118,5	2,56	1,16	0,65	0,28	307	139
НСР 0,05	0,24	0,10	0,06	0,03	29	13

Таблица 5

Биологическая продуктивность и сток углерода у лиственницы (Лц) и сосны (С) при инокуляции спорами *S. luteus*

Доза спор, млн./м ²	БП, раз		Депонировано углерода					
			г/м ² /день		за вегетацию			
	Лц	С	Лц	С	г/м ²		т/га	
0	4,88	2,91	0,91	0,44	109	52	0,97	0,61
7,4	8,87	4,51	1,24	0,53	149	63	2,57	0,99
14,8	9,07	4,05	1,41	0,56	169	67	2,95	0,89
29,6	8,45	4,16	1,47	0,55	176	66	2,36	0,84
59,3	8,84	4,08	1,55	0,59	186	71	2,65	0,87
118,5	9,32	4,06	1,28	0,58	154	69	2,94	1,00
НСР 0,05	1,10	0,48	0,12	0,05	15	6	0,68	0,21

Одним из показателей продуктивности пород является депонирование ими углерода в расчёте на единицу поверхности фотосинтетического аппарата и на гектар почвы, занятой растениями.

Сток углерода в расчёте на 1 м² в день и за вегетацию изменялся у обеих пород в пределах опыта аналогично ЧПФ (табл. 5).

В контрольном варианте сеянцы обеих пород депонировали наименьшее количество углерода в расчёте на гектар почвы. Однако при внесении спор гриба показатель вырос в 2,43–3,04 и в 1,38–1,64 раза соответственно у лиственницы и сосны. Между вариантами с инокуляцией спорами гриба у обеих пород различий не отмечено. Растения лиственницы характеризовались не только большим в 1,59–3,31 раза, чем у сосны, депонированием углерода в расчёте на гектар, но и более значительным ростом показателя при микоризации

Для увеличения продуктивности сеянцев лиственницы и сосны на дерново-подзолистых почвах северо-запада Нижегородской обл. достаточно внести спор маслёнка позднего 7,4 млн./м² почвы. Дальнейшее увеличение концентрации вносимых спор не целесообразно.

Таблица 6

Связи прироста сухой массы (ΔР) с ЧПФ и ФП, минеральной продуктивности (МП) с КП/ФП и Ск/Р у сеянцев лиственницы (Лц) и сосны (С) при инокуляции спорами *S. luteus*

Доза спор, млн./м ²	ЧПФ–ΔР		ФП–ΔР		КП/ФП–МП		Ск/Р–МП	
	Лц	С	Лц	С	Лц	С	Лц	С
0	0,220	0,767	0,910	0,993	-0,906	-0,782	-0,937	-0,822
7,4	-0,137	0,714	0,969	0,972	-0,872	-0,894	-0,815	-0,883
14,8	0,451	0,871	0,983	0,941	-0,876	-0,850	-0,958	-0,905
29,6	0,148	0,786	0,898	0,945	-0,898	-0,864	-0,953	-0,820
59,3	0,222	0,770	0,941	0,824	-0,900	-0,684	-0,980	-0,786
118,5	0,312	0,801	0,983	0,791	-0,892	-0,892	-0,966	-0,977

При анализе табл. 6 между значениями ЧПФ и приростом биомассы у сеянцев лиственницы была отмечена очень слабая корреляция, а у сосны между этими показателями наблюдалась прямая средняя и высокая корреляционная связь. Однако связь ΔР с ФП была прямой и высокой у обеих пород. Таким образом, в пределах каждого варианта лиственница увеличивала ΔР в большей степени за счёт роста ФП, чем за счёт повышения ЧПФ, то есть экстенсивным путём, а сосна – и за счёт интенсификации фотосинтеза, и наращивания ФП. Определение корреляций МП с отношениями КП/ФП и Ск/Р показало во всех вариантах опыта у обеих пород высокую отрицательную связь. Относительное увеличение размера активной части корневой системы в пределах каждого варианта приводило к снижению количества поглощённых элементов в расчёте на единицу активной поверхности корней.

Выводы. Инокуляция спорами маслёнка позднего приводит к росту интенсивности микоризации корневых систем лиственницы сибирской и сосны обыкновенной, что позволяет растениям снизить

относительную долю корневой системы, увеличить поглотительную активность на единицу поглощающей поверхности и дать толчок к росту продуктивности растений.

При микоризации спорами маслёнка у лиственницы сибирской и сосны обыкновенной отмечен рост минеральной продуктивности, чистой продуктивности фотосинтеза, КПД фотосинтетически активной радиации, биологической продуктивности и стока углерода.

Растения лиственницы сибирской увеличивают прирост абсолютно сухой массы за счёт размера фотосинтетического потенциала, а сосны обыкновенной – за счёт чистой продуктивности фотосинтеза и величины фотосинтетического потенциала.

Для увеличения продуктивности сеянцев лиственницы сибирской и сосны обыкновенной на дерново-подзолистых почвах в зоне хвойных лесов Нижегородской обл. экологически перспективной является инокуляция спорами маслёнка позднего в количестве 7,4 млн./м².

Список литературы

1. *Бессчётнов В.П., Лебедев Е.В.* Влияние экологического потенциала Волго-Вятского региона на фотосинтез и биологическую продуктивность лесных пород // Проблемы регионального экологического мониторинга: материалы 1-й науч.-практ. конф. Н. Новгород, 2002. С. 17–19.
2. *Бобкова К.С., Тужилкина В.В.* Содержание углерода и калорийность органического вещества в лесных экосистемах Севера // Экология. 2000. № 1. С. 69–71.
3. *Бойко Т.А.* Особенности микоризообразования и роста сеянцев хвойных пород в лесных питомниках Пермского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук, Пермь, 2006. 19 с.
4. *Веселкин Д.В.* Функциональное значение микоризообразования у однолетних сеянцев сосны и ели в лесных питомниках // Вестн. ОГУ. 2006. № 4. С. 12–18.
5. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. *Жученко А.А.* Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): в 2 т. М.: Изд-во РУДН, 2001. Т. II. 708 с.
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. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (25–26 марта 1998 г.). Мичуринск: Изд-во МГСХА, 1998. Т. 2. С. 39–42.

8. Лобанов Н В. Микотрофность древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1971. 216 с.
9. Ничипорович А.А. О методах учёта и изучения фотосинтеза как фактора урожайности // Тр. ИФР АН СССР. 1955. Т. 10. С. 210–249.
10. Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии. М.: Колос, 1968. 336 с.
11. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 231 с.
12. Судачкова Н.Е. Физиолого-биохимические аспекты регуляции продуктивности лесов // Лесоведение. 2001. №4. С. 32–37.
13. Тооминг Х.Г., Гуляев Б.И. Методика измерения фотосинтетически активной радиации. М.: Наука, 1967. 144 с.
14. Энциклопедия лесного хозяйства: в 2т. М.: ВНИИЛМ, 2006. Т. 2. 380 с.
15. Aleksandrowicz-Trzcinska M. The effect of fungicides on mycorrhized and non-mycorrhized seedlings of Scots pine. Pt. 1: Growth performance of seedlings // Folia forest. pol. Ser. A. Warsaw. 1999. № 41. P. 105–114.
16. Anon La. Domestication des champignons mycorrhiziens // Biofutur. 1987. Vol. 61. P. 37–39.
17. Bialeski R.L. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability // Ann. Rev. Plant Physiol. 1973. Vol. 24. P. 225–252.
18. Garbaye J., Le Tacon F. Effets de la mycorrhization controlee apres transplantation // Rev. forest. fran. 1986. Vol. 38, № 3. P. 258–263.
19. Gardner J.H., Malajczuk N. Recolonisation of rehabilitated bauxite mine sites in Western Australia by mycorrhizal fungi // Forest Ecol. Manag. 1988. Vol. 24, № 1. P. 27–42.
20. Kainulainen P., Holopainen J., Palomäki V., Holopainen T. Effects of nitrogen fertilization on secondary chemistry and ectomycorrhizal state of Scots pine seedlings and on growth of grey pine aphid // J. of Chemical Ecology. 1996. Vol. 22, № 4. P. 617–636.
21. Krupa P. The role of ectomycorrhizal fungi in heavy metal polluted areas // Pol. J. Natural Sciences. 2003. № 15. P. 629–636.
22. Meyer U. Feinwurzelsysteme und Mykorrhizotypen als Anpassungsmechanismen in zentralamazonischen Überschwemmungswaldern - Igapo und Varzea. PhD thesis, University of Hohenheim. 1991. 230 p.
23. Piola F., Rohr R., Von Aderkas P. Controlled mycorrhizal initiation as a means to improve root development in somatic embryo plantlets of hybrid larch (*Larix × eurolepis*) // Physiol. Plantarum. 1995. Vol. 95, Is. 4. P. 575–580.
24. Repáč I. Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate-bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates // Forestry. 2006. Vol. 80, № 5. P. 517–530.
25. Taylor A.F., Alexander I. The ectomycorrhizal symbiosis: life in the real world // Mycologist. 2005. Vol. 19, № 3. P. 102–112.
26. Tammi H., Timonen S., Sen R. Spatiotemporal colonization of Scots pine roots by introduced and indigenous ectomycorrhizal fungi in forest humus

- and nursery *Sphagnum* peat microcosms // *Canad. J. Forest Res.* 2001. Vol. 31, № 5. P. 746–756.
27. *Tinker P.B.* Root-soil interactions in crop plants // In: *Soils and agriculture. Critical reports on applied chemistry* / ed. P.B. Tinker. Chemical Industry Blackwell Sci. Publ. 1981. Vol. 2. P. 1–34.
28. *Walker R.F., West D.C., McLaughlin S.B., Amundsen C.C.* Growth xylem pressure potential, and nutrient absorption of loblolly pine on a reclaimed surface mine as affected by an induced *Picolithus tinctorius* infection // *Forest Sc.* 1989. Vol. 35, № 2. P. 569–581.

EFFECT OF INOCULATION OF SPORES GREASERS ORDINARY (*SUILLUS LUTEUS*) AT MINERAL NUTRITION, PHOTOSYNTHESIS AND BIOLOGICAL PRODUCTIVITY SEEDLING SIBERIAN LARCH AND SCOTS PINE

E.V. Lebedev

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy

Investigation of the reaction of seedlings of Siberian larch and Scots pine at different concentrations of spores greasers ordinary, carried out in microfield experience on sod-podzolic soils of the southern taiga subzone at level of the whole organism, showed that inoculation led to an increase in the population of mycorrhizal root systems of both species, enabling plants to reduce the relative proportion of the root system, increase the functional relationship of the two surfaces of nutrition, as well as absorbing the activity per unit absorbing surface. This gave the plants an opportunity to increase net photosynthesis productivity, biological productivity and carbon sinks. To increase the productivity of seedlings of Siberian larch and Scots pine is enough to bring per 1 m² of soil 7,4 million spores greasers ordinary.

Keywords: *Scots pine, siberian larch, sod-podzolic soils, mycorrhiza, Greasers ordinary, photosynthesis, mineral nutrition, biological productivity, carbon deposition.*

Об авторах:

ЛЕБЕДЕВ Евгений Валентинович—кандидат биологических наук, доцент кафедры лесных культур, ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», 603107, Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97, e-mail: proxim77@mail.ru