

ния показали, что доля почвенной CO₂ в продуцировании органического вещества в сосняках-черничниках влажных может достигать 8...10, в ельниках-черничниках влажных — 18...26 % [1]. Следовательно, в природе растения не испытывают, по-видимому, такого большого голода в отношении углекислоты, как представлялось ранее. Очевидно также, что повышенное содержание CO₂ в атмосфере будет усиливать «дефицит» других внешних факторов, необходимых для жизни древесных растений. Так, мангры, произрастающие по побережьям тропических морей и океанов, относятся к C₄ типу фотосинтеза и практически почти совершенно не реагируют на углекислотные подкормки в связи с наличием внутреннего депо CO₂ в органических кислотах и аминокислотах.

Изложенное пока не позволяет сделать вывод о том, что лесные экосистемы способны ослабить парниковый эффект или сделать его усиление более постепенным. Нужны длительные опыты по влиянию повышенного содержания углекислоты в атмосфере на фотосинтез и рост древесных растений и лесных экосистем непосредственно в природной обстановке, по совместному воздействию этого фактора среды с температурным, солевым, кислородным и водным стрессами, промышленными загрязнениями и т. д. Кроме национальных, необходимы и международные программы для изучения этого важного в глобальном масштабе феномена, в частности по линии ИЮФРО. Полученный экспериментальный материал послужит надежной основой долгосрочных прогнозов и моделей изменения климата и поведения лесных экосистем различных регионов мира в условиях парникового эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Веретенников А. В. Темновая фиксация углекислоты древесными растениями и ее возможная роль в лесах с временным избытком влаги в почве // Лесная геоботаника и биология древесных растений.— Брянск, 1975.— Вып. 3.— С. 31—36. [2]. Мелехов И. С. Кислотные осадки // Лесн. журн.— 1989.— № 6.— С. 125—127.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Яценко-Хмелевский А. А. Основы и методы анатомического исследования древесины.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954.— 338 с. [4]. Aoku M., Yabuki K. Studies on the carbon dioxide enrichment for plant growth. VII. Changes in dry matter production and photosynthetic rate of cucumber during carbon dioxide enrichment // Agr. Meteorol.— 1977.— N 18.— P. 475—485. [5]. Gandilliere J.-P., Mousseau M. Short term effect of CO₂ enrichment of young poplar (*Populus euramericana*) // Acta Oecol. Plant.— 1989.— Vol. 10, N 1.— P. 95—105. [6]. James L. et al. Chlorophyll and carotenoid concentrations in two varieties of *Pinus ponderosa* seedlings subjected to long-term elevated carbon dioxide // Tree physiology.— 1988.— N 4.— P. 187—193. [7]. Kaushal P., Guehl J. M., Aussenac G. Differential growth response to atmospheric carbon dioxide enrichment in seedlings of *Cedrus atlantica* and *Pinus nigra* ssp. *Laricio* var. *Corsicana* // Can. J. Forestres.— 1989.— Vol. 19, N 11.— P. 1351—1358. [8]. Mac Dougal D. T., Working E. B. The pneumatic systems of plants, especially trees // Wash.: Carnegie Inst., 1933.— Publ. 441.— 87 p.

Поступила 5 ноября 1990 г.

УДК 631.879.25 : 630*232.322.41

О ВЛИЯНИИ МИНЕРАЛЬНОГО ШЛАМА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Н. М. МАТВЕЕВ, Н. В. ПРОХОРОВА, Л. М. КАВЕЛЕНОВА,
В. Г. ТЕРЕНТЬЕВ

Самарский государственный университет

Минеральный шлак металлообрабатывающего производства является сильно обводненной тонкодисперсной смесью гидроокисей алюми-

ния, хрома, никеля, железа, кальция, магния, меди, цинка и др. В больших концентрациях эти элементы токсичны [4, 5]. В то же время металлы, входящие в состав шлама, представляют собой микроэлементы, необходимые для нормального протекания процессов жизнедеятельности растений [1].

Изучение шлама как возможного фактора химической природы, влияющего на растительный организм, может быть реализовано в двух взаимосвязанных направлениях. Первое из них предполагает оценку токсичного воздействия шлама как загрязнителя окружающей среды на растения; второе призвано решить вопрос о перспективах использования шлама в качестве источника микроэлементов для растений.

Цель нашей работы — изучить толерантность растений к минеральному шламу металлообрабатывающего производства и определить возможность его использования в качестве удобрения при выращивании растений в лесных питомниках.

Экспериментальные исследования мы проводили в 1983—1985 гг. в питомниках Красносамарского лесничества Самарской области (степное Заволжье) в составе комплексной биогеоэкологической экспедиции Самарского университета. Однолетние сеянцы ясеня зеленого выращивали на аллювиальной луговой насыщенной слабосолонцеватой малогумусной суглинистой почве на аллювиальных суглинистых отложениях в пойме р. Самары, а одно- и трехлетние сеянцы сосны обыкновенной — на черноземе неполноразвитом малогумусном глубоковскипающем песчаном на кварцевом песке на арене р. Самары. Почвы отличались низким плодородием. К моменту проведения опытов удобрения не вносили.

Сеянцы ясеня и сосны располагали трех- и пятирядными грядами шириной 1 м. В опытном и контрольном вариантах было по две гряды длиной 10 м с сеянцами, одинаковыми по высоте, жизненному состоянию и степени развития. Шламы вносили в виде сухого порошка или водной суспензии в верхний слой почвы над корневой системой сеянцев в следующих дозах: для ясеня — 2, 6, 20 и 40 г/м², для сосны — 1, 10 и 30 г/м². Опытные растения периодически равномерно поливали водой.

Замеры (у 25 растений из каждого варианта) и отбор растительного материала для лабораторных исследований производили через 2 нед после внесения шлама и повторно через каждые 2-3 нед в течение всего вегетационного периода.

Анатомические исследования проводили по методике З. П. Паушевой [2] и Г. Г. Фурст [3]. Растительный материал (не менее чем с 10 растений) обрабатывали фиксатором Карнуа, заливали в парафин, готовили микротомные срезы, окрашивали генциановым фиолетовым и просматривали под микроскопом (20 препаратов из каждого варианта). Измерения производили с помощью окуляр-микрометра.

Накопление сухого вещества, золы, содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла «а», хлорофилла «в» и каротиноидов) устанавливали по общепринятым в физиологии растений методикам (по средней пробе).

Повторность всех опытов, замеров и определений не менее трехкратной. Цифровые данные обрабатывали методом математической статистики. Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента.

В результате исследований установлено, что высокие дозы шлама (20 и 40 г/м²) к концу вегетационного периода достоверно ингибировали линейный рост надземных побегов сеянцев ясеня, малые (2 и 6 г/м²) не вызывали такого эффекта (табл. 1).

У сеянцев ясеня первые пары листьев по форме простые, а в середине второго вегетационного периода появляются настоящие непарноперистосложные листья, что свидетельствует о вступлении сеянцев в новую фазу развития. При сравнении разных вариантов опыта мы обнаружили, что в начале второго вегетационного периода в вариантах с малыми дозами шлама в почве (2 и 6 г/м²) преобладали растения с тремя парами простых листьев, а в контроле и в вариантах с большими дозами число растений с двумя и тремя парами простых листьев было примерно равным. В конце вегетационного периода во всех вариантах опыта общее число пар листьев у сеянцев было одинаковым, но вместе с тем достоверно увеличилось число пар сложных листьев в вариантах с дозами шлама 6, 20 и 40 г/м² (табл. 1). Это указывает на более раннее по сравнению с контролем вступление опытных растений в следующую фазу развития.

Таблица 1

Вариант опыта	Длина стебля, мм	Сухое вещество, %	Зола, %	Число пар листьев	
				общее	сложных
Ясень					
Шлам, г/м ² :					
2	290,6 ± 10,1	30,04 ± 0,14	6,25 ± 0,17	8,8 ± 0,2	2,2 ± 0,30
6	296,6 ± 15,2	30,26 ± 0,42	5,90 ± 0,09	9,6 ± 0,3	2,9 ± 0,20
20	273,1 ± 14,9	30,84 ± 0,34	6,35 ± 0,15	9,6 ± 0,2	3,0 ± 0,20
40	262,0 ± 11,8	31,24 ± 0,41	5,60 ± 0,21	9,7 ± 0,3	3,1 ± 0,15
Контроль	316,0 ± 17,3	30,40 ± 0,12	5,70 ± 0,11	9,9 ± 0,2	2,5 ± 0,20
Сосна					
Шлам, г/м ² :					
1	65,1 ± 1,9 607,1 ± 9,0	33,48 ± 0,46 32,08 ± 0,70	— 5,97 ± 0,15	—	—
10	70,2 ± 1,7 663,6 ± 9,8	31,37 ± 0,68 29,65 ± 0,76	— 5,96 ± 0,09	—	—
30	70,2 ± 1,8 627,1 ± 9,6	28,66 ± 0,90 31,23 ± 0,33	— 5,66 ± 0,08	—	—
Контроль	65,2 ± 1,1 628,2 ± 9,8	30,04 ± 0,59 31,60 ± 0,40	— 6,00 ± 0,12	—	—

Примечание. Здесь и далее в числителе — данные для однолетних сеянцев сосны; в знаменателе — для трехлетних.

В опытных вариантах доля коры в стеблях сеянцев ясеня достоверно уменьшалась, центрального цилиндра — увеличивалась в результате ускорения роста проводящей системы и снижения доли сердцевин (табл. 2).

Таблица 2

Вариант опыта	Серцевина	Проводящая система	Центральный цилиндр	Кора	Эпидермис*
	%				
Ясень					
Шлам, г/м ² :					
2	21,7 ± 1,18	52,4 ± 1,01	74,1 ± 0,62	20,4 ± 0,49	5,5 ± 0,15
6	18,9 ± 0,79	56,5 ± 0,84	75,4 ± 1,06	20,2 ± 1,04	4,4 ± 0,12
20	18,0 ± 0,71	56,9 ± 0,90	74,9 ± 0,70	19,9 ± 0,79	5,2 ± 0,24
40	16,2 ± 0,83	59,3 ± 0,96	75,5 ± 0,41	21,3 ± 0,27	3,2 ± 0,09
Контроль	21,3 ± 0,54	48,4 ± 0,79	69,7 ± 0,45	25,8 ± 0,44	4,5 ± 0,15
Сосна					
Шлам, г/м ² :					
1	10,0 ± 0,43 36,5 ± 1,25	67,2 ± 0,72 42,8 ± 0,92	77,2 ± 0,99 79,3 ± 0,61	22,8 ± 0,63 13,8 ± 0,37	— 6,9 ± 0,29
10	11,7 ± 1,02 36,7 ± 1,17	62,9 ± 0,51 42,1 ± 0,22	74,6 ± 0,82 78,8 ± 0,49	25,4 ± 0,64 14,1 ± 0,49	— 7,1 ± 0,16
30	— 39,4 ± 0,45	— 37,4 ± 0,15	— 76,8 ± 0,45	— 15,9 ± 0,44	— 7,3 ± 0,21
Контроль	11,1 ± 0,36 34,6 ± 0,48	64,5 ± 0,48 43,7 ± 0,24	75,6 ± 0,72 78,3 ± 0,26	24,4 ± 0,72 13,8 ± 0,21	— 7,9 ± 0,16

* Для трехлетних сеянцев сосны — перидерма.

Таким образом, шлам, вносимый в почву, ингибирует осевой рост стеблей, а пластический материал расходуется на ускоренное развитие настоящих листьев и проводящей системы. В условиях резко засушливого климата степного Заволжья это может иметь большое положительное значение, так как повышается устойчивость сеянцев древесных пород к засухам и другим неблагоприятным факторам.

Изучение динамики накопления фитомассы (сухого вещества) и зольных элементов в листьях сеянцев ясеня показало, что в начале и середине вегетационного периода эти показатели в опытных вариантах достоверно превышали контрольные, но к концу вегетации достигали уровня контроля. К этому моменту в вариантах с внесением шлама сохранялась некоторая тенденция к увеличению содержания зольных элементов (см. табл. 1). По-видимому, избыточные для растений количества тяжелых металлов в шламе обезвреживаются, связываясь в клетках органическими кислотами и другими органическими соединениями [5].

Содержание хлорофилла «а» и каротиноидов в листьях сеянцев ясеня под влиянием шлама не изменилось, но во всех опытных вариантах отмечено достоверное увеличение содержания хлорофилла «в» (табл. 3).

Таблица 3

Вариант опыта	Содержание пигментов, мг/г		
	Хлорофилл «а»	Хлорофилл «в»	Каротиноиды
Ясень			
Шлам, г/м ² :			
2	2,976 ± 0,050	3,659 ± 0,130	0,893 ± 0,053
6	2,264 ± 0,040	3,317 ± 0,105	1,080 ± 0,012
20	2,513 ± 0,011	3,341 ± 0,230	0,863 ± 0,064
40	2,164 ± 0,084	2,760 ± 0,078	0,779 ± 0,004
Контроль	2,336 ± 0,035	2,695 ± 0,038	0,876 ± 0,039
Сосна, 3 года			
Шлам, г/м ² :			
1	0,051 ± 0,008	0,110 ± 0,014	0,523 ± 0,051
10	0,077 ± 0,017	0,163 ± 0,025	0,606 ± 0,073
30	0,306 ± 0,013	0,719 ± 0,088	0,408 ± 0,058
Контроль	0,414 ± 0,050	1,055 ± 0,068	0,355 ± 0,028

Изменения как абсолютного содержания основных фотосинтетических пигментов, так и их соотношения являются важными показателями жизнедеятельности растений, свидетельствуют о возникновении адаптивных реакций на различные воздействия, в том числе на минеральный фон.

Анализ показал, что осевой рост стебля однолетних сеянцев сосны обыкновенной достоверно увеличивался при внесении шлама в дозе 10 и 30 г/м², трехлетних — 10 г/м² (см. табл. 1). У однолетних сеянцев соотношение основных тканей стебля постоянно, у трехлетних только при наибольшей дозе шлама снижалась доля проводящих тканей и возрастала доля паренхимы сердцевины в центральном проводящем цилиндре (см. табл. 2).

Фитомасса (сухое вещество) и содержание зольных элементов в хвое под воздействием шлама изменялись незначительно. У трехлетних сеянцев сосны происходили значительные и достоверные изменения в содержании фотосинтетических пигментов. При всех испытанных дозах шлама наблюдалось достоверное уменьшение хлорофиллов «а» и «в» и увеличение содержания каротиноидов (табл. 3).

Таким образом, адаптационные изменения в росте, развитии и метаболизме у сеянцев ясеня и сосны неодинаковы, но в целом шлам оказывал положительное воздействие.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что минеральный шлам металлообрабатывающего производства может быть использован в небольших дозах в качестве подкормок древесных растений микроэлементами в лесопитомниках, в особенности на бедных по плодородию почвогрунтах, а также в молодых лесоскультурах на эродированных и нарушенных почвах. Однако дозы и способы внесения шламов в каждом конкретном случае, в том числе в сочетании с другими удобрениями, нуждаются в дополнительном изучении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Власюк П. А., Климовицкая З. М. Функции органоидов клетки растений в связи с содержанием в них микроэлементов // Физиологические основы питания растений.— Киев: Наук. думка, 1971.— С. 5—45. [2]. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений.— М.: Колос, 1980.— 304 с. [3]. Фурст Г. Г. Методы анатомо-гистологического исследования растительных тканей.— М.: Наука, 1979.— 155 с. [4]. Школьник М. Я. Значение микроэлементов в жизни растений и земледелии.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950.— 512 с. [5]. Foy C. D. The physiology of plantadaptation to mineral stress // Iowa state Journal of research.— 1983.— Vol. 57.— № 4.— P. 355—391.

Поступила 21 февраля 1990 г.

УДК 630*5 : 630*114.351

ВЗАИМОСВЯЗИ ЗАПАСА ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ С ТАКСАЦИОННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ДУБОВЫХ НИЗКОСТВОЛЬНИКОВ

С. В. КАБАНОВ

Саратовский сельскохозяйственный институт

Водорегулирующие свойства лесов Саратовской области исследованы недостаточно. До сих пор нет общепринятых методических положений по их оценке. В качестве интегрального показателя мелиоративной оценки лесных насаждений могут быть использованы свойства лесных подстилок.

Лесная подстилка является одним из основных факторов, влияющих на водорегулирующие и противоэрозионные свойства насаждений. Данные многочисленных исследований ([3, 5, 8] и др.) показывают, что после удаления подстилки мелиоративная способность леса почти полностью теряется: сток увеличивается в 1,5—2 раза, смыв в 3—6 раз. Кроме того, свойства лесной подстилки, как и водорегулирующие свойства леса, находятся в тесной зависимости от экологических условий и структуры фитоценозов. Поэтому мощность, запас и влагоемкость лесной подстилки используют в качестве мелиоративной оценки лесных насаждений.

Исследования формирования лесных подстилок очень сложны, так как на эти процессы влияет большое число факторов. Исследования лесных подстилок в нашей стране и за рубежом были посвящены в основном выяснению таких вопросов, как запасы подстилок на единице площади леса, скорость разложения органического вещества лесных подстилок, энергетический баланс, гидрологические и почвозащитные свойства подстилок и др. Но эти исследования проведены на традиционных пробных площадях и поэтому не охватывают всего разнообразия лесных насаждений. В научном и практическом плане важно устано-