

госберегающих мелиоративных мероприятий при планировании лесовосстановительных работ в ленточных борах данной климатической зоны.

5. В качестве краткосрочной влаго- и теплосберегающей мелиорации при лесопосадках на дерново-подзолистых почвах сухостепной зоны возможно мульчирование почвы соломой, опилками или стружками, однако вопрос требует более детального изучения, т.к. применение данных материалов может привести к изменению химических свойств почвы.

6. В качестве долгосрочной влаго- и теплосберегающей мелиорации при лесопосадках на дерново-подзолистых почвах сухостепной зоны хорошие результаты может дать предварительное шелюгование [6].

7. Проведение влаго- и теплосберегающих мелиоративных работ при лесопосадках на дерново-подзолистых почвах зоны засушливой степи, исходя из теплофизического состояния климатических и растительных условий также требует более детального изучения.

Библиографический список

1. Бурлакова Л.М. Почвы Алтайского края: учебное пособие / Л.М. Бурлакова,

Л.М. Татаринцев, В.А. Рассыпнов. – Барнаул, 1988. – 72 с.

2. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

3. Лунин А.И. Импульсный метод определения теплофизических характеристик влажных материалов: дис. ... канд. техн. наук / А.И. Лунин. – М., 1972. – 139 с.

4. Почвы Алтайского края. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 382 с.

5. Агроклиматический справочник по Алтайскому краю. – Л.: Гидрометиздат, 1957. – 167 с.

6. Заблоцкий В.И. Динамика экологических условий на гарях в сосновых лесах юго-востока Западной Сибири: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / В.И. Заблоцкий. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – 30 с.

7. Макарычев С.В. Теплофизические свойства дерново-подзолистых и серых лесных почв Алтайского края / С.В. Макарычев, Л.М. Татаринцев, Л.Н. Макарычева // Земледельно-оценочные проблемы и рациональное использование земли в Алтайском крае: сб. научн. тр. – Барнаул, 1986. – С. 150-159.



УДК 631.615.9

А.Н. Хмелева,
А.Л. Верещагин

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТОКСИЧНОСТЬ НИТРАТОВ СВИНЦА И КАДМИЯ ПРИ НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ СЕМЯН ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Ключевые слова: ультразвук, нитрат свинца, нитрат кадмия, тяжелые металлы, энергия прорастания, регуляторы роста растений, семена льна.

Введение

Тяжелые металлы и их соединения образуют значительную группу экотоксикантов, во многом определяющую антропогенное воздействие на экологическую структуру окружающей среды и на самого человека. В настоящее время недостаточно изучены механизмы накопления тяжелых металлов растениями [1, 2]. Вопросы ультразвукового воздействия на токсич-

ность сред, содержащих тяжелые металлы, в литературе не рассматривались.

Целью работы явилось изучение влияния совместного воздействия ультразвука и ингибиторов (солей свинца и кадмия) в широком диапазоне концентраций на ранних стадиях развития семян льна-долгунца.

Экспериментальная часть

Лабораторный опыт по определению энергии прорастания семян проводился на культуре льна-долгунца, сорт Томский-14. Семена обрабатывали растворами солей тяжелых металлов (нитратом свинца или нитратом кадмия) с концентрацией от 1 до 10^{-14} М без или совместно с ультразву-

ком (УЗ) в течение 2 мин. (более длительная обработка приводила к повышению температуры растворов). Начальная температура растворов – 20°C. Ультразвуковая обработка 100 семян льна проводилась в сосуде из нержавеющей стали 12X18H10T объемом 2 дм³. Семена помещались в сетчатую ячейку из нержавеющей стали на расстоянии 2 см от ультразвукового излучателя.

Ультразвуковая обработка осуществлялась аппаратом «Волна» [3, 4]. Мощность ультразвуковой обработки – 350 Вт, рабочая частота – 22 кГц, удельная мощность – 175 Вт/дм³.

Результаты и их обсуждение

Опыты по проращиванию проводились при температуре 27°C в трехкратной повторности, результаты обрабатывали статистически (табл. 1-3).

В таблице 1 представлены данные по влиянию воздействия ультразвука на токсичность растворов нитратов свинца и кадмия при определении энергии прорастания семян льна-долгунца.

Из данных таблицы 1 следует, что нитрат свинца в первые сутки был неактивен. В последующем росте активность нитратов свинца и кадмия была примерно одинакова. Ультразвуковое воздействие в первые сутки развития не изменило качественный характер распределения активности, но количественно было зарегистрировано достоверное снижение энергии прорастания в диапазоне концентраций 10⁻²-10⁻³ и 10⁻⁶-10⁻¹³ М/дм³ от 2 до 50%. Эта тенденция сохранилась и при дальнейшем развитии семян, где снижение энергии прорастания семян при ультразвуковом воздействии происходило на всем диапазоне концентраций на 5-10% по сравнению с контролем.

Таблица 1

Влияние растворов солей тяжелых металлов и ультразвука на энергию прорастания семян льна-долгунца

Вариант обработки	Энергия прорастания, %	Отношение к контролю, %	Энергия прорастания, %	Отношение к контролю, %	Энергия прорастания, %	Отношение к контролю, %
	через 24 ч		через 48 ч		через 72 ч	
	Pb(NO ₃) ₂ /Cd(NO ₃) ₂					
Контроль	20/19	100/100	94/92	100/100	98/98	100/100
1 М	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
10 ⁻¹ М	0/0	0/0	21/0	22/0	34/0	35/0
10 ⁻² М	0/11	0/58	91/90	97/98	95/95	97/97
10 ⁻³ М	0/7	0/37	86/93	91/101	93/97	95/99
10 ⁻⁴ М	0/7	0/37	90/88	96/96	97/96	99/98
10 ⁻⁵ М	0/6	0/32	89/90	95/98	96/94	98/96
10 ⁻⁶ М	0/8	0/42	88/94	94/102	95/95	97/97
10 ⁻⁷ М	0/14	0/74	85/93	90/101	96/97	98/99
10 ⁻⁸ М	0/7	0/37	84/89	89/97	92/96	94/98
10 ⁻⁹ М	0/19	0/100	96/90	102/98	96/95	98/97
10 ⁻¹⁰ М	0/24	0/126	93/91	99/99	93/97	95/99
10 ⁻¹¹ М	7/29	35/153	91/93	97/101	93/96	95/98
10 ⁻¹² М	0/30	0/158	93/98	99/106	95/96	97/98
10 ⁻¹³ М	4/22	20/116	99/97	105/105	96/97	98/99
10 ⁻¹⁴ М	0/24	0/126	98/91	104/99	99/98	101/100
1 М+УЗ	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
10 ⁻¹ М+УЗ	0/0	0/0	4/0	4/0	4/0	4/0
10 ⁻² М+УЗ	0/2	0/11	66/72	70/78	88/84	90/86
10 ⁻³ М+УЗ	0/5	0/26	80/80	85/87	86/90	88/92
10 ⁻⁴ М+УЗ	0/8	0/42	85/79	90/86	91/85	93/87
10 ⁻⁵ М+УЗ	0/11	0/58	71/80	76/87	83/81	85/83
10 ⁻⁶ М+УЗ	0/6	0/32	77/88	82/96	84/88	86/90
10 ⁻⁷ М+УЗ	0/8	0/42	80/87	85/95	88/92	90/94
10 ⁻⁸ М+УЗ	0/11	0/58	82/83	87/90	91/93	93/95
10 ⁻⁹ М+УЗ	0/22	0/116	81/89	86/97	90/89	90/91
10 ⁻¹⁰ М+УЗ	0/19	0/100	80/91	85/99	84/88	86/90
10 ⁻¹¹ М+УЗ	5/15	25/79	90/95	96/103	91/90	93/92
10 ⁻¹² М+УЗ	0/22	0/116	89/85	95/92	94/91	96/93
10 ⁻¹³ М+УЗ	0/15	0/79	88/93	94/101	93/88	95/90
10 ⁻¹⁴ М+УЗ	0/23	0/121	87/94	92/102	91/91	93/93

Влияние растворов солей тяжелых металлов и ультразвука на длину проростков семян льна-долгунца

Вариант обработки	Длина проростков, мм	Отношение к контролю, %	Длина проростков, мм	Отношение к контролю, %	Длина проростков, мм	Отношение к контролю, %
	через 24 ч		через 48 ч		через 72 ч	
	Pb(NO ₃) ₂ /Cd(NO ₃) ₂					
Контроль	3,0±0,1/ 3,0±0,1/	100/100	11,0±0,1/10, 0±0,2	100/100	15,0±0,2/ 32,0±0,1	100/100
1 М	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
10 ⁻¹ М	0/0	0/0	2,0±0,1/0	18/0	2,0±0,1/0	13/0
10 ⁻² М	0/3,0±0,1	0/100	10,0±0,3/4,0 ±0,1	91/40	19,0±0,1/ 4,0±0,2	126/13
10 ⁻³ М	0/3,0±0,1	0/100	9,0±0,1/ 22,0±0,1	82/220	16,0±0,1/ 27,0±0,1	107/84
10 ⁻⁴ М	0/2,0±0,1	0/67	14,0±0,2/14, 0±0,2	127/140	32,0±0,4/ 24,0±0,1	213/75
10 ⁻⁵ М	0/3,0±0,1	0/100	8,0±0,2/ 15,0±0,1	73/150	23,0±0,2/ 33,0±0,1	153/103
10 ⁻⁶ М	0/2,0±0,2	0/67	7,0±0,1/ 9,0±0,1	64/90	26,0±0,1/ 29,0±0,3	173/91
10 ⁻⁷ М	0/3,0±0,1	0/100	6,0±0,1/ 11,0±0,3	55/110	22,0±0,1/ 25,0±0,1	147/78
10 ⁻⁸ М	0/2,0±0,1	0/67	5,0±0,1/ 8,0±0,1	45/80	21,0±0,1/ 20,0±0,1	140/62
10 ⁻⁹ М	0/3,0±0,1	0/100	17,0±0,2/10, 0±0,1	155/100	39,0±0,2/ 34,0±0,1	240/106
10 ⁻¹⁰ М	0/3,0±0,1	0/100	11,0±0,1/7,0 ±0,1	100/70	24,0±0,3/ 29,0±0,1	160/91
10 ⁻¹¹ М	2,0±0,1/ 2,0±0,1	67/67	12,0±0,1/12, 0±0,1	109/120	34,0±0,1/ 24,0±0,3	227/75
10 ⁻¹² М	0/2,0±0,1	0/67	15,0±0,1/6,0 ±0,2	136/60	27,0±0,1/ 25,0±0,1	180/78
10 ⁻¹³ М	2,0±0,1/ 2,0±0,1	67/67	14,0±0,1/13, 0±0,1	127/130	42,0±0,2/ 21,0±0,1	280/66
10 ⁻¹⁴ М	0/2,0±0,1	0/67	6,0±0,1/ 16,0±0,1	55/160	21,0±0,1/ 31,0±0,1	140/97
1М+УЗ	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
10 ⁻¹ М+УЗ	0/0	0/0	1,0±0,1/0	9/0	1,0±0,1/0	7/0
10 ⁻² М+УЗ	0/3,0±0,1	0/100	8,0±0,1/ 3,0±0,1	73/30	12,0±0,2/ 3,0±0,1	80/9
10 ⁻³ М+УЗ	0/3,0±0,1	0/100	4,0±0,1/ 12,0±0,1	36/120	6,0±0,1/ 12,0±0,1	40/38
10 ⁻⁴ М+УЗ	0/2,0±0,1	0/67	6,0±0,1/ 9,0±0,1	55/90	10,0±0,1/ 17,0±0,1	67/53
10 ⁻⁵ М+УЗ	0/3,0±0,2	0/100	9,0±0,1/ 10,0±0,1	82/100	16,0±0,1/ 24,0±0,2	107/75
10 ⁻⁶ М+УЗ	0/2,0±0,1	0/67	5,0±0,1/ 5,0±0,3	45/50	9,0±0,3/ 3,0±0,1	60/94
10 ⁻⁷ М+УЗ	0/2,0±0,1	0/67	4,0±0,1/ 8,0±0,1	36/80	11,0±0,1/ 11,0±0,1	73/34
10 ⁻⁸ М+УЗ	0/2,0±0,1	0/67	4,0±0,2/ 6,0±0,1	36/60	13,0±0,1/ 19,0±0,4	87/59
10 ⁻⁹ М+УЗ	0/3,0±0,1	0/100	6,0±0,2/ 10,0±0,2	55/100	10,0±0,2/ 20,0±0,1	67/62
10 ⁻¹⁰ М+УЗ	0/2,0±0,1	0/67	7,0±0,1/ 5,0±0,2	64/50	14,0±0,4/ 28,0±0,1	93/88
10 ⁻¹¹ М+УЗ	2,0±0,1/ 2,0±0,1	67/67	8,0±0,4/ 7,0±0,1	73/70	13,0±0,1/ 15,0±0,1	87/47
10 ⁻¹² М+УЗ	0/2,0±0,2	0/67	6,0±0,1/ 5,0±0,3	55/50	19,0±0,2/ 17,0±0,2	127/53
10 ⁻¹³ М+УЗ	0/2,0±0,1	0/67	3,0±0,2/ 9,0±0,1	27/90	12,0±0,1/ 17,0±0,2	80/53
10 ⁻¹⁴ М+УЗ	0/2,0±0,1	0/67	8,0±0,1/ 7,0±0,2	73/70	10,0±0,1/ 10,0±0,2	67/31

В таблицах 2 и 3 представлены данные по влиянию ультразвука на развитие проростков семян льна-долгунца в растворах нитратов свинца и кадмия.

Из данных таблиц 2 и 3 следует, что максимальное значение длины и массы проростка получены при концентрации солей Cd и Pb – 10^{-13} М, а ультразвуковое воздействие повышает токсичность в диапазоне концентраций от 10^{-2} до 10^{-12} М/дм³ примерно на 20-40% по сравнению с контролем.

Выводы

Таким образом, ультразвуковой капиллярный эффект за счет ускорения диффузии ионов кадмия и свинца в семена льна-долгунца приводит к увеличению токсичности этих ионов на 20-40% в

диапазоне концентраций от 1 до 10^{-12} М/дм³.

Библиографический список

1. Ильин В.Б. Тяжёлые металлы в системе почва – растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 227 с.
2. Давыдова С.Л. Тяжёлые металлы как супертоксиканты XXI века / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. – М.: РУДН, 2002. – 140 с.
3. Хмелев В.Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве / В.Н. Хмелев. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1997. – С. 215.
4. Прохоренко П.П. Ультразвуковой капиллярный эффект / П.П. Прохоренко, Г.Е. Коновалов. – Минск: Наука и техника, 1981. – 135 с.

Таблица 3

Влияние растворов солей тяжелых металлов и ультразвука на массу проростков семян льна-долгунца

Вариант обработки	Средняя масса проростка, г	Отношение к контролю, %	Средняя масса проростка, г	Отношение к контролю, %
	Pb(NO ₃) ₂		Cd(NO ₃) ₂	
Контроль	0,022±0,001	100	0,035±0,002	100
1 М	0	0	0	0
10 ⁻¹ М	0,005±0,001	19	0	0
10 ⁻² М	0,021±0,001	81	0,016±0,001	46
10 ⁻³ М	0,015±0,001	58	0,022±0,001	63
10 ⁻⁴ М	0,018±0,003	69	0,024±0,002	69
10 ⁻⁵ М	0,012±0,001	46	0,030±0,001	86
10 ⁻⁶ М	0,016±0,001	61	0,027±0,002	77
10 ⁻⁷ М	0,019±0,002	73	0,025±0,001	71
10 ⁻⁸ М	0,022±0,001	85	0,023±0,001	66
10 ⁻⁹ М	0,028±0,001	108	0,028±0,001	80
10 ⁻¹⁰ М	0,030±0,001	115	0,029±0,001	83
10 ⁻¹¹ М	0,034±0,004	131	0,025±0,001	71
10 ⁻¹² М	0,029±0,003	112	0,025±0,001	71
10 ⁻¹³ М	0,036±0,0021	138	0,031±0,001	89
10 ⁻¹⁴ М	0,027±0,001	104	0,033±0,001	94
1М+УЗ	0	0	0	0
10 ⁻¹ М+УЗ	0,001±0,001	4	0	0
10 ⁻² М+УЗ	0,013±0,001	50	0,013±0,001	37
10 ⁻³ М+УЗ	0,007±0,001	27	0,015±0,002	43
10 ⁻⁴ М+УЗ	0,014±0,001	54	0,012±0,001	34
10 ⁻⁵ М+УЗ	0,013±0,001	50	0,014±0,001	40
10 ⁻⁶ М+УЗ	0,012±0,001	46	0,016±0,001	46
10 ⁻⁷ М+УЗ	0,016±0,001	62	0,020±0,001	57
10 ⁻⁸ М+УЗ	0,020±0,002	77	0,019±0,003	54
10 ⁻⁹ М+УЗ	0,019±0,001	73	0,015±0,002	43
10 ⁻¹⁰ М+УЗ	0,017±0,001	65	0,014±0,001	40
10 ⁻¹¹ М+УЗ	0,021±0,003	81	0,017±0,002	49
10 ⁻¹² М+УЗ	0,023±0,001	88	0,020±0,001	57
10 ⁻¹³ М+УЗ	0,027±0,002	104	0,017±0,001	49
10 ⁻¹⁴ М+УЗ	0,025±0,001	96	0,018±0,001	51

