

всего, должны быть обеспечены органическим веществом во всех его формах. На этой основе с помощью высокоэффективной почвенной биоты в почвообразование вовлекаются минеральные элементы верхних слоев литосферы и азот атмосферы. Продукенты агроценозов (культурные растения) с помощью солнечной энергии, фигурально говоря, запускают «вечный двигатель» жизни, увеличивают во времени саму биологическую жизнь, сохраняют и продолжают ее во всех нишах земной оболочки и, в частности, на пашне. Существование и развитие живой природы подчиняется сложнейшим законам жизни, лишь приблизительным отражением которых является новая, весьма перспективная наука экология.

В блоке мелиораций речь должна идти об их расширенном понимании, включающем почвоулучшающие (гидротехнические, агрохимические, биологические, культуртехнические мелиорации), фитоулучшающие (использование высокоценных сортов культур растений, интродукцию новых растений, фитоценозические и фитосанитарные мелиорации), а также климатулучшающие мелиоративные приемы (агролесомелиорацию, строительство прудов и водоемов, инженерные приемы). Мелиоративный комплекс, по нашему мнению, должен иметь двойную направленность: стратегическую – оптимизацию агроландшафта (водосбора), его биосферно-экологической и эколого-технической структуры; тактическую – мелиоративный комплекс, оптимизацию плодородия биогеоценозов и фитокомпонента систем земледелия. Тактические мелиорации укладываются в рамках понятия «интенсификация земледелия», то есть, прежде всего, увеличение количества факторов жизни растений и их более эффективное использование в биогеоценозах. Соотношение между мелиорацией агроландшафта и мелиорацией системы земледелия устанавливается с учетом экологического благополучия агроландшафта и достижения основных целей систем земледелия. Интегральным выражением оптимальности соотношения стратегической и тактической мелиорации в конечном счете является многокомпонентность и сбалансированность агроэкосистем.

Итак, возвращаясь к началу статьи, в заключение отметим: веку хищнической эксплуатации агроценозов (экосистем) должен прийти конец. Если разлад с природой начался с сельского хозяйства, так пусть с него же, как пишет У. Джексон [12], начнется «приближение к гармонии». Системное взаимодействие агрономических и фундаментальных наук, основанное на новой экоцентрической парадигме развития цивилизации – путь к достижению этой гармонии.

#### Литература

1. Боничан Б.П. Экологическое земледелие в Республике Молдова. Кишинев, Штиница, 1999.
2. Бураков В.И. Агроландшафт как природно-антропогенная среда экологически рациональной системы земледелия. Сб.: «Системно-конструктивное изучение природных условий и ресурсов». М., Изд. АН СССР, 1987.
3. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М., Наука, 1990.
4. Дылис Н.В. Учение о биогеоценозе и его проблемы. М., Знание, 1975.
5. Кирушин В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. Пушино, 1993.
6. Ландшафтное земледелие. Концепция формирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов и совершенствования систем земледелия на ландшафтной основе. Курск, 1993.
7. Лыков А.М. Теоретические и технологические проблемы совершенствования ландшафтных систем земледелия. Доклад на научной сессии Северо-Западного научно-методического центра РАСХН, Санкт-Петербург – Пушкино, 2003 г. (рукопись).
8. Лыков А.М. Роль журнала «Земледелие» в развитии курса «Общее земледелие». Земледелие, №5, 1999.
9. Лыков А.М. Ландшафтное земледелие: результаты исследований последних лет. Земледелие, №5, 1996.
10. Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н. Концептуальные основы плодородия агробиогеоценозов и его воспроизводство в ландшафтных (адаптивно-ландшафтных) системах земледелия. Агро XXI, 3 7-8, 2002.
11. Лыков А.М., Кауричев И.С., Синдоров М.И., Глазовская М.А. Современные системы земледелия: послесловие к дискуссии. Земледелие, №10-11, 1990.
12. Сельскохозяйственные экосистемы. Перевод с английского языка. М., Агропромиздат, 1987.
13. Сукачев В.Н. Избранные труды. Т.1, Л.Наука, 1972.
14. Тейт Р.111 Органическое вещество почвы. М., Мир, 1991.
15. Будыко М.И. Глобальная экология М., 1977

## ТОКСИЧНОСТЬ ГЕРБИЦИДА АЦЕТОХЛОРА В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

*В.А. Холодов, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Н.А. Куликова, И.В. Перминова, Г.Ф. Лебедева, МГУ им. М.В. Ломоносова*

**Резюме.** На одиннадцати почвах различных почвенно-географических зон методом биотестирования на проростках исследована токсичность, проявляемая гербицидом ацетохлором. Установлено, что доза гербицида, вызывающая 50% снижение величины тест-отклика (показатель ED50), для изученных почв составляет 0,8-1,7 л/га. Высказано предположение о ведущей роли почвенного органического вещества в определении уровня токсичности, проявляемой ацетохлором.

**Abstract.** Toxicity of herbicide acetochlor in eleven soils of different soil-geographical zones has been investigated using seedlings bioassay technique. It was established that the herbicide dose inducing 50% decrease of response (index ED50) varied from 0.8 to 1.7 L/ha for the soils studied. Soil organic matter was hypothesized to determine acetochlor toxicity in soil.

На современном этапе развития сельского хозяйства обязательным приемом борьбы с сорняками является использование гербицидов, ассортимент которых постоянно меняется за счет создания новых препаратов. Для грамотного применения новых гербицидов и прогнозирования их судьбы в окружающей среде необходимо изучение особенностей поведения гербицидов в почвах различных почвенно-географических зон.

Ацетохлор (2-хлор-2'-метил-6-этил-п-этоксиметилацетанилид) из группы хлорацетанилидов является селективным гербицидом системного действия и рекомендуется для применения на кукурузе, подсолнечнике, сое и других культурах против однолетних злаковых и некоторых двудольных сорняков. В нашей стране зарегистрированы и разрешены к применению препараты трофи и харнес, действующим веществом которых является ацетохлор [6].

Так как гербициды этой группы в России используются сравнительно недавно, то представляется весьма актуальным изучить токсичность ацетохлора в почвах различных почвенно-географических зон и выявить основные почвенные свойства, определяющие ее уровень.

**Материалы и методы. Гербицид.** В работе был использован гербицид харнес (Монсанто, ЕС), содержащий 90% ацетохлора.

**Почвы.** Токсичность гербицида исследовали на девяти почвах непрерывного зонального ряда от дерново-подзолистых до черноземов и двух интразональных – аллювиальной луговой и лугово-черноземной почв (табл.1). Почвенные образцы отбирали из слоя 0-10 см гумусоаккумулятивного горизонта, высушивали до воздушно-сухого состояния и пропускали через сито с диаметром ячеек 2 мм. Из подготовленной таким образом почвы методом квартования составляли смешанный образец, который использовали для характеристики почвы и проведения токсикологических экспериментов.

В отобранных почвенных образцах были определены:  $pH_{водн}$ , содержание кальция и магния в водной вытяжке, содержание органического углерода  $C_{орг}$  (метод Тюрина в модификации Никитина), отношение  $C_{гк}/C_{фк}$  и полевая влагоемкость для нарушенных образцов [1, 4]. Кроме того, был проведен гранулометрический анализ почв пирофосфатным методом по Долгову и Личмановой [4]. Удельная поверхность была определена по сорбции паров воды методом Кутилика [7].

**Биотестирование.** Токсичность, проявляемую ацетохлором в исследованных почвах, определяли биотестированием на проростках. Тест-культурой служила мягкая пшеница *Triticum aestivum* L. (сорт «Московская 35»). Почву (50 г) помещали в чашки Петри и вносили ацетохлор в дозах 0,2; 1,0; 10,0; 20,0 мкл/кг почвы, что соответствует промышлен-

ным дозам внесения 0,02; 0,1; 1,0; 2,0 л/га. Объем раствора гербицида подбирали таким образом, чтобы после его внесения влажность почвы составила 60% от полевой влагоемкости. Через сутки после внесения гербицида в почву помещали проросшие зерновки пшеницы (10 зерновок в каждую чашку) и оставляли в термостате на 72 часа при температуре 25°C. Тест-откликом служила длина побегов проростков. Повторность опыта трехкратная.

На основании полученных данных строили зависимости «доза-эффект», по которым для каждой почвы определяли дозу гербицида, вызывающую 50% снижение величины тест-отклика (показатель ED50).

**Результаты и их обсуждение. Характеристика почвенных образцов.** Основные физико-химические характеристики использованных в работе почв приведены в таблице 1.

**1. Физико-химические характеристики и обозначения почв, использованных в работе**

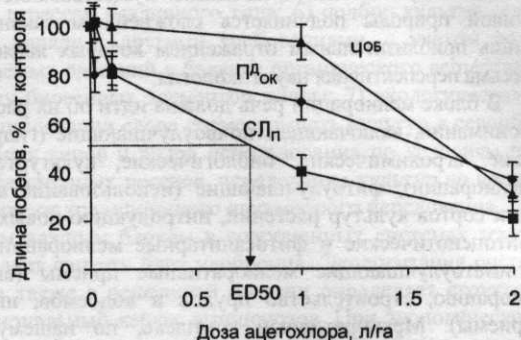
Почва	Сорг, %	С <sub>ГК</sub> /С <sub>ФК</sub>	pH водн	Са <sup>2+</sup> , Мг <sup>2+</sup>		Сод. частиц, %		Уд. пов-ть, м <sup>2</sup> /г
				мг-экв/100г	мг-экв/100г	<0,01	<0,001	
Дерново-подзолистая легкосуглинистая целинная, Московская область								
П <sup>Д</sup> <sub>Ц</sub>	4,11	0,4	5,5	н.о.	н.о.	28,2	16,2	119
Дерново-подзолистая легкосуглинистая окультуренная, Московская область								
П <sup>Д</sup> <sub>ОК</sub>	1,22	0,9	7,6	7,1	1,4	28,9	14,2	67
Дерново-подзолистая легкосуглинистая культурная (огородная), Московская область								
П <sup>Д</sup> <sub>К</sub>	4,92	0,3	7,4	9,2	2,1	25,1	14,7	125
Серая лесная легкосуглинистая целинная, Тульская область								
СЛ <sub>Ц</sub>	1,61	1,1	6,6	1,8	1,3	26,8	15,3	88
Серая лесная тяжелосуглинистая пахотная, Владимирская область								
СЛ <sub>П</sub>	1,35	1,4	6,1	1,7	1,1	45,4	25,9	99
Темно серая лесная среднесуглинистая целинная, Тульская область								
СЛ <sup>Т</sup>	4,53	1,0	7,1	4,1	2,2	31,3	13,0	88
Чернозем типичный тяжелосуглинистый мощный (залежь), Воронежская область								
Ч <sup>Т</sup> <sub>М</sub>	8,33	2,1	6,8	2,9	1,1	54,0	16,2	259
Чернозем типичный тяжелосуглинистый (пашня), Липецкая область								
Ч <sup>Т</sup>	4,67	1,5	5,9	2,8	1,4	56,2	35,5	192
Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый (залежь), Курская область								
Ч <sup>ОБ</sup>	3,57	1,6	6,9	1,66	1,3	55,0	28,7	154
Лугово-черноземная тяжелосуглинистая, Воронежская область								
Ч <sub>Л</sub>	3,44	1,6	7,9	3,5	2,8	56,6	36,2	190
Аллювиальная луговая супесчаная, Тульская область								
Ал	2,66	1,5	7,2	3,7	0,7	17,6	11,0	114

В целом, большинство почвенных показателей соответствовали диапазонам значений, приводимым в литературе [3, 5]. Следует отметить относительно высокое содержание Сорг (4,92 %) и низкую степень гумификации (С<sub>ГК</sub>/С<sub>ФК</sub> = 0,3), наблюдавшиеся в дерново-подзолистой культурной (огородной) почве. По-видимому, это связано с регулярным внесением органических удобрений на поле отбора образцов почвы — опытном участке УОПЭЦ «Чашниково». Высокие значения рН и содержание кальция, найденные для дерново-подзолистой культурной (7,6 и 7,1 мг-экв/100 г соответственно), и для дерново-подзолистой окультуренной (7,4 и 9,2 мг-экв/100 г, соответственно) почв объясняются регулярно проводимым известкованием.

Содержание физической глины (<0,01 мм) в исследованных образцах почв изменялось от 17,6 (аллювиальная луговая) до 56,6% (лугово-черноземная), содержание илистой фракции (<0,001 мм) — от 8,6 (ПДК) до 37,0 (ЧЛ). Полученные данные хорошо согласуются с результатами, приводимыми в литературе [5], и позволяют провести классификацию исследованных почв по гранулометрическому составу [4]. На основании гранулометрического состава аллювиальная луговая почва была отнесена к супесчаным почвам, все дерново-

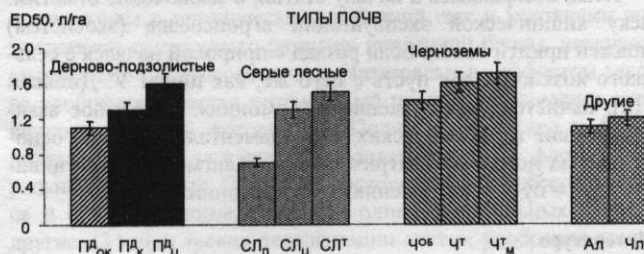
подзолистые и серая лесная целинная — к легкосуглинистым почвам, темно-серая лесная, серая лесная пахотная и все черноземные — к тяжелосуглинистым почвам. Таким образом, большинство образцов по своим свойствам соответствовали приводимым в литературе значениям, характерным для рассмотренных типов почв.

**Токсичность ацетохлора.** Типичные зависимости «доза-эффект» для ацетохлора и метод расчета ED 50 показаны на рисунке 1.



**Рис.1. Типичные зависимости «доза-эффект» для ацетохлора на исследованных почвах и пример расчета ED50**

Угнетение проростков пшеницы в исследованных почвах наблюдали в диапазоне доз внесения ацетохлора 0,1-2,0 л/га, что подтверждает чувствительность пшеницы к данному гербициду: рекомендуемые дозы внесения харнеса обычно составляют 1,5-3,0 л/га. Максимальное угнетение тест-культуры, наблюдавшееся при дозе внесения ацетохлора 2 л/га, было весьма близким на разных почвах и составляло около 80% (т.е. величина тест-отклика была 20% от контроля). Наибольшие различия в уровне токсичности ацетохлора наблюдали при дозе внесения 1 л/га. При меньших дозах величина тест-отклика снижалась не более чем на 20%, поэтому статистически значимого различия в уровне токсичности ацетохлора между исследованными почвами установлено не было.



**Рис. 2. Значения ED50 ацетохлора на исследованных почвах**

Как видно из рисунка 2, ацетохлор обладал различной гербицидной эффективностью на исследованных почвах: в черноземах токсичность ацетохлора была меньше (ED50 в диапазоне 1,3-1,8 л/га) по сравнению с дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами (ED50 — 1,0-1,6). По-видимому, это объясняется различиями в свойствах почв. Так, минимальная токсичность ацетохлора была зафиксирована в почвах, характеризующихся максимальными содержаниями органического углерода и наибольшими величинами удельной поверхности в рассматриваемой выборке (Ч<sup>Т</sup><sub>М</sub>, Ч<sup>Т</sup>, П<sup>Д</sup><sub>Ц</sub>), и наоборот, максимальная токсичность ацетохлора отмечалась в почвах, у которых эти показатели были наименьшими (СЛ<sub>П</sub>, П<sup>Д</sup><sub>ОК</sub>).

В то же время довольно существенную роль в рассматриваемых процессах играл фактор сельскохозяйственного использования почв. Так, в дерново-подзолистых и серых лесных почвах токсичность, проявляемая ацетохлором, была существенно выше на пашне по сравнению с целиной: разница в значениях ED50 для П<sup>Д</sup><sub>Ц</sub> и П<sup>Д</sup><sub>ОК</sub> составила 0,5 л/га, для СЛ<sub>П</sub> и СЛ<sub>Ц</sub> — 0,6 л/га. Кроме того, для дерново-подзолистых почв наблюдалось довольно отчетливое снижение токсичности ацетохлора с увеличением степени окультуренности: разница ED50 для пары П<sup>Д</sup><sub>К</sub> и П<sup>Д</sup><sub>ОК</sub> составила 0,2 л/га.

Для черноземов фактор сельскохозяйственного использования не оказывал столь существенного влияния на токсичность, проявляемую ацетохлором. Это можно объяснить большей устойчивостью черноземов к техногенным нагрузкам по сравнению с дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами.

Сопоставление физико-химических характеристик почв с данными биотестирования выявило наличие положительной взаимосвязи между показателем ED50 и такими свойствами почв как содержание органического углерода и величина удельной поверхности. Коэффициенты корреляции для этих показателей составили, соответственно, 0,79 и 0,64. Следует отметить, однако, что в работе были использованы образцы почв, отобранные в гумусоаккумулятивных горизонтах, величина удельной поверхности в которых определяется содержанием органического углерода. Это свидетельствует о ведущей роли органического вещества в определении уровня токсичности ацетохлора в почвах.

Сделанный вывод о ведущей роли органического вещества в определении токсичности ацетохлора подтверждается данными других авторов [8]. В их исследованиях на примере широкой выборки почв Южной Африки (32 почвы) также была выявлена положительная взаимосвязь между содержанием органического вещества в почвах и уровнем токсичности в них ацетохлора.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что уровень токсичности ацетохлора определяется содержанием органического вещества в почве. В связи с этим при практическом применении ацетохлорсодержащих гербицидов можно рекомендовать варьировать дозы (в рамках установленных норм внесения) в зависимости от содержания органического вещества.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты РФФИ 03-04-49180 и 01-03-32664) и грантов Московского Государственного Университета для междисциплинарных проектов.*

#### Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970, 488 с.
2. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 272 с.
3. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв. М.: Рузаки, 2001, 296 с.
4. Пособие по проведению анализов почв и составлению агрохимических картограмм. М., 1969, 328 с.
5. Почвоведение Ч. 2.: типы почв, их география и использование. Под ред. Ковды В.А., Розанова Б.Г. М.: Высшая школа, 1988, 368 с.
6. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2001. М.: Колос, 2001, 193 с.
7. Kutilek M. A new method for surface specific area determination. Rostlinna Viroba, v. 6. 1962, p. 767-772.
8. Reinhardt C.F., Nel P.C. Importance of selected soil properties on the bioactivity of acetochlor and metazachlor. South African Journal of Plant and Soil, v. 7 (2), 1990, p.101-104.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЯЧМЕНЯ БИОПРЕПАРАТАМИ

*П.Д. Бугаев<sup>1</sup>, к.с.-х.н., В.Г. Сычев<sup>2</sup>, член-корр. РАСХН, О.В. Тарасенкова<sup>1</sup> МСХА<sup>1</sup>, ВНИИА<sup>2</sup>*

В настоящее время большое внимание уделяется использованию биологических препаратов, позволяющих повышать продуктивность сельскохозяйственных растений и устранять негативные экологические последствия (1, 2, 3, 4). Однако результаты проведенных исследований по применению микробиологических препаратов на небобовых культурах неоднозначны и весьма противоречивы, что вызвало необходимость изучения влияния ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов рода *Klebsiella*, экстракта из прорастающих

семян ячменя и препарата эпин на урожайность ярового ячменя.

Экспериментальная работа проводилась на полях лаборатории растениеводства МСХА им. К.А.Тимирязева в 2002 г. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкая суглинистая. Мощность пахотного горизонта 22-25 см, содержание гумуса (по Тюрину) – 2,2%. Объект исследования яровой ячмень Зазерский 85 и Биос 1. Опыт был заложен методом расщепленных делянок в четырехкратной повторности. Учетная площадь делянки составляла 14,1-14,4 м<sup>2</sup>. Предшествующий ячмень – многолетние травы. Технологию возделывания – общепринятая для данной зоны. Удобрения рассчитывали на планируемый урожай в 40 ц/га. Урожай учитывали сплошным методом, по деляночно. Уборку проводили комбайном Sampo – 130. Урожайные данные подвергали математической обработке методом дисперсионного анализа.

Схема опыта включала следующие факторы: А – удобрения (NPK на планируемый урожай и вариант без удобрений), В – сорта ярового ячменя (Зазерский 85 и Биос 1), С – предпосевная обработка семян следующими препаратами. Фактор С включал следующие варианты: 1) контроль – обработка водой, 10 л/т, 2) биоплант – К – жидкая культура бактерии *Klebsiella planticola*, разбавленная в соотношении 1:100, 10 л/т (Б), 3) экстракт ячменя – 1-5%, 10 л/т (Эя), 4) эпин – 0,1% концентрации, 10 л/т, 5) биоплант – К + экстракт ячменя (Б+Эя), 6) биоплант – К + эпин (Б+Эп), 7) экстракт ячменя + эпин (Эя+Эп), 8) фенорам – 2 кг/т.

**Результаты исследований.** Как известно, активность микроорганизмов и, следовательно, урожай сельскохозяйственных культур в значительной степени зависит от увлажнения почвы, недостаток или избыток которой в корнеобитаемом слое почвы ограничивает продуктивность растений. Наиболее оптимальные условия для роста и развития растений и активности микроорганизмов создаются в почве при влажности 70-100% наименьшей влагоемкости.

В наших исследованиях влажность почвы в существенной степени определялась количеством осадков, выпадающих в течение вегетации. В 2001 г. в начальный период вегетации влажность почвы была оптимальной для роста и развития растений ячменя, не опускалась ниже 60% НВ и составляла 15,2-15,9% абсолютно сухой почвы. В дальнейшем, в фазу колошения, влажность почвы значительно уменьшилась и составила 30-32% НВ, что отрицательно сказалось на росте и развитии растений ячменя. В конце вегетации в результате обильного выпадения осадков влажность почвы повысилась до 100% НВ, что вызвало усиленное образование подгона и не повлияло на величину урожая ячменя. Вегетационный период 2002 г. оказался очень засушливым, влажность почвы не поднималась выше 60% НВ даже в ранневесенний период, что привело к резкому снижению урожая.

Исследования показали, что применение удобрений способствовало увеличению площади листовой поверхности в среднем за два года у сорта Зазерский 85 на 3-7, а у сорта Биос 1 – на 5-8 тыс.м<sup>2</sup>/га; повышению урожайности сухой биомассы у сорта Зазерский 85 на 0,5-2,5, а у сорта Биос 1 на 1,5-2,0 т/га и увеличению фотосинтетического потенциала у сорта Зазерский 85 на 36,1 и у сорта Биос 1 – на 230 тыс.м<sup>2</sup>/га/дн. Обработка семян биопрепаратами улучшала фотосинтетическую деятельность посевов, при этом повышалась максимальная площадь листьев, продолжительность их жизнедеятельности и урожайность сухой биомассы (табл.1; 2, где: ФП – фотосинтетический потенциал, млн/м<sup>2</sup> × дн/га, ЧФФ – чистая продуктивность фотосинтеза, г/м<sup>2</sup> × дн, ПФ – продуктивность фотосинтеза, кг зерна на 1 тыс. ФП).

Активность нитратредуктазы (НР) в значительной степени зависит от обеспеченности растений азотом. Нами установлено, что в фазу колошения активность НР в надземной части растений ячменя в значительной степени зависела от погодных условий вегетационного периода, особенностей сорта и удобрений. Более высокая активность НР отмечена в засушливом 2002 г. При внесении удобрений она повышалась в