

УДК 631.51.011'012:[632.51+633.16

## ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КУЛЬТУРНЫМИ И СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ПОСЕВАХ ЯЧМЕНЯ И ИХ КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

А.В. ЗАХАРЕНКО

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Приводятся результаты исследования взаимоотношений культурного (ячменя) и сорного компонентов полевых агрофитоценозов при совершенствовании обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в сторону ее минимализации. Установлено, что при минимализации обработки интенсивность накопления воднорастворимых фенольных соединений в почве ризосферы сорных растений возрастает. Взаимосвязь между урожайностью ячменя и численностью сорняков статистически достоверно отражается линейными уравнениями типа  $y = a - bx$ . Для количественной оценки вредоносности сорных растений предложены новый критерий — энергетический порог вредоносности — и формула для его расчета.

Взаимоотношения растений при совместном произрастании относятся к сложнейшим явлениям природы, протекающим в пространстве и времени при участии многочисленных взаимодействующих компонентов и факторов среды и имеющих огромное эволюционное, экономическое и практическое значение. Человечество давно уже столкнулось с необходимостью понимать и регулировать взаимодействия культурных и сорных растений, «...ибо забвение этого факта вело к угнетению или гибели посевов от сорняков» [31]. С теоретической и

практической точек зрения важно вскрыть механизмы этого процесса, вычленив тот или иной фактор взаимодействия и оценить его значимость в общей сумме факторов.

Как известно, растения в процессе жизнедеятельности выделяют в окружающую среду разные физиологически активные органические вещества. Эти процессы, по А.М. Гродзинскому [1], «...формируют определенную биохимическую обстановку, своеобразную защитную среду из активных веществ, благоприятно или отрицательно действующих на другие

организмы, в том числе растения других видов». В биохимическом взаимодействии компонентов агрофитоценоза участвуют различные группы органических веществ, однако исследователи особое место отводят фенольным соединениям, которые создают в корнеобитаемой среде определенный аллелопатический потенциал [1, 2, 7]. Роль фенольных соединений в аллелопатическом взаимодействии компонентов агрофитоценоза определяется физико-химическими свойствами почвы, ее способностью сорбировать органические вещества и рядом других факторов, которые обуславливают их содержание в свободном состоянии.

Экспериментальные данные о влиянии разных систем обработки дерново-подзолистой средне-суглинистой почвы на аллелопатическую активность сорного компонента агрофитоценоза в отечественной и зарубежной литературе практически отсутствуют.

В этой связи основной целью исследований являлась качественная и количественная оценка взаимоотношений культурного и сорного компонентов агрофитоценоза при разных по интенсивности и характеру воздействия на почву системах обработки.

### Методика

Исследования проводились в 1983—1993 гг. в 3-факторных полевых стационарных опытах  $9 \times 7 \times 2$  и  $7 \times 2 \times 2$ , заложенных Б.А. Доспеховым и А.И. Пупониным на опытном поле Тимирязевской академии в учхозе «Михай-

ловское» Подольского района Московской области. Подробное описание опытов и изучаемых систем обработки почвы, норм удобрений и гербицидов, а также метеорологические условия и методики проведения опытов опубликованы ранее [6, 7].

По мнению Л.В. Перегуда и А.В. Городецкого [5], смешанные и случайно отобранные методом рендомизации почвенные образцы не позволяют выявить элементы взаимодействия компонентов агрофитоценоза с почвой. Более достоверным способом в данном случае является изучение ризосферы каждого конкретного вида. Поэтому для определения содержания воднорастворимых фенольных соединений образцы почвы отбирали из ризосфер наиболее распространенных в агрофитоценозе видов сорных растений в вариантах стационарного опыта  $7 \times 2 \times 2$  с отвальной, нулевой и поверхностной системами обработки почвы. Почву заливали водой в соотношении 1 : 1, тщательно перемешивали и настаивали в течение суток. Полученную суспензию фильтровали и в водной вытяжке определяли содержание фенольных соединений с помощью реактива Фолина — Дениса спектрометрическим методом. Содержание воднорастворимых фенольных соединений рассчитывали в миллиграммах протокатеховой кислоты на 1 кг почвы.

Для определения фитотоксичности ризосфер ценозов сорняков почву заливали водой при соотношении 1 : 1 и настаивали 24 ч, затем почвенный раствор филь-

тровали. Семена ячменя раскладывали равномерно на полосу фильтровальной бумаги шириной 20 см, предварительно смоченную почвенной вытяжкой из соответствующего варианта. После этого бумагу рыхло закатывали в рулон, ставили в стакан с почвенной вытяжкой и помещали для проращивания в термостат, где поддерживался температурный режим согласно ГОСТ 12038—66. Количество проросших семян учитывали по тому же ГОСТу. Кроме того определяли высоту ростка и длину корней.

Полевой мелкоделяночный опыт, в котором изучали влияние различных уровней обилия сорного компонента агрофитоценоза на урожайность ячменя при разных системах обработки, проводили по схеме со следующим планируемым количеством сорняков (шт/м<sup>2</sup>): 0 — контроль — посевы чистые в течение всей вегетации, 5, 10, 30, 50 и 100.

В другом полевом мелкоделяночном опыте определяли влияние сорного компонента на урожайность ячменя при различной продолжительности их совместного произрастания. Схема опыта: контроль — посевы чистые, удаление сорняков после появления всходов культуры через 7, 21, 42, 56 и 76 дней, а также вообще без прополки. Для соблюдения принципа единственного различия поддерживали единый для всех вариантов уровень засоренности — 60 шт/м<sup>2</sup>. Сорный компонент в данном опыте — естественная сорная растительность с преобладанием пикульника зябра, трехреберника непахучего,

горцев, мари белой и фиалки полевой.

Учетная площадь делянки в опытах — 1,5 м<sup>2</sup>, повторность 6-кратная.

## Результаты

Установлено, что среди изучаемых видов сорных растений наиболее высоким содержанием фенольных соединений в почве ризосферы отличается пырей ползучий (табл. 1). В среднем за вегетационный период 1989 г. оно было выше, чем в ризосфере бодяка полевого, при нулевой системе обработки в 2,2 раза, а при поверхностной — в 2,4 раза. Содержание фенольных соединений в ризосфере бодяка полевого, пикульника зябра и трехреберника непахучего при всех системах обработки было практически на одном уровне, и различия между ними по этому показателю не превышали значений НСР<sub>05</sub>. Аналогичная тенденция наблюдалась в 1993 г. в посевах ячменя. В среднем по двум срокам определения содержания фенольных соединений в ризосферной почве пырей ползучего как при нулевой, так и при поверхностной системах обработки было статистически достоверно выше, чем в ризосфере других видов сорняков. Характерно, что в более влажном 1993 г. значение этого показателя для пикульника зябра оказалось существенно более низким, чем для других сорняков, независимо от уровня интенсивности обработки почвы. В засушливом 1992 г. наиболее интенсивное накопление фенольных соединений в почве ризосферы со-

рных растений наблюдалось в начале вегетации, во влажном 1993 г. — ближе к концу. При

этом в целом в засушливый год оно было значительно ниже, чем во влажный.

Таблица 1

Содержание воднорастворимых фенольных соединений в ризосферной почве сорных растений (мг протокатеховой кислоты на 1 кг почвы) при разных системах обработки (в среднем за 1989, 1992 и 1993 гг.)

Вид сорного растения	Начало вегетации	Конец вегетации	Среднее
<i>Отвальная</i>			
Бодяк полевой ( <i>Girsium arvense</i> (L.) Scop.)	2,32	2,12	2,22
Осот полевой ( <i>Sonchus arvensis</i> L.)	2,38	2,44	2,41
Пикульник зябра ( <i>Galeopsis speciosa</i> Mill.)	1,54	1,65	1,60
Трехреберник непахучий ( <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.)	2,26	2,44	2,35
<i>Нулевая</i>			
Бодяк полевой	3,07	2,77	2,92
Пырей ползучий ( <i>Agropyrum repens</i> (L.) Nevski.)	4,68	5,14	4,91
Пикульник зябра	2,32	2,56	2,44
Трехреберник непахучий	2,48	2,60	2,54
<i>Поверхностная</i>			
Бодяк полевой	2,57	2,70	2,64
Пырей ползучий	4,40	5,33	4,87
Пикульник зябра	2,28	2,13	2,21
Трехреберник непахучий	2,61	2,31	2,46

При минимализации обработки почвы накопление фенольных соединений в почве ризосфер сорных растений несколько увеличивалось, причем в большей мере это проявлялось в начале вегетации полевых культур, что указывает на заметную роль фенольных соединений во взаимоотношениях культурных и сорных растений в данный период. Подобные результаты были получены и А.А.

Часовенной [8]. Следовательно, одной из причин высокой вредности сорного компонента агрофитоценоза в начале вегетации полевых культур при крайне высоком уровне минимализации обработки почвы (система нулевой обработки) является более высокий совокупный аллелопатический потенциал верхней части пахотного слоя почвы, в формировании которого заметную роль

играют фенольные соединения, продуцируемые сорными растениями.

В аллелопатических взаимоотношениях компонентов агрофитоценоза важную роль играют воднорастворимые органические вещества, обладающие значительной лабильностью. Изучение влияния водной почвенной вытяжки на прорастание семян яч-

меня показало, что при отвальной системе обработки дерново-подзолистой почвы наиболее фитотоксичной была ризосфера бодяка полевого и трехреберника непахучего (табл. 2), хотя и ризосфера осота полевого и пикульника зябра также характеризовалась статистически достоверным фитотоксическим действием.

Таблица 2

Прорастание семян ячменя, под действием воднорастворимых веществ ризосферной почвы ценозов сорных растений при отвальной (числитель) и поверхностной (знаменатель) системах обработки дерново-подзолистой почвы

Вид сорного растения	Число проросших семян, шт.	Высота проростка, см	Длина корешков, см
Контроль (дистиллированная вода)	<u>86</u>	<u>9,8</u>	<u>68,2</u>
	86	9,8	68,2
Бодяк полевой	<u>74</u>	<u>7,6</u>	<u>57,2</u>
	68	7,6	58,4
Осот полевой	<u>75</u>	<u>8,0</u>	<u>59,6</u>
	69	8,0	58,8
Трехреберник непахучий	<u>75</u>	<u>8,1</u>	<u>59,4</u>
	63	7,4	56,8
Пикульник зябра	<u>75</u>	<u>8,8</u>	<u>61,9</u>
	72	8,1	60,2
Пырей ползучий	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>
	59	6,7	51,2
НСР <sub>05</sub>	4,40	0,51	3,2

При нулевой системе обработки наиболее высокой фитотоксичностью отличалась почва ризосферы пырея ползучего, а наименьшей — пикульника зябра.

При минимализации обработки почвы в среднем за 3 года исследований статистически достоверное увеличение уровня фитоток-

сичности почвы ризосфер сорняков по числу проросших семян ячменя отмечено у бодяка полевого, осота полевого и трехреберника непахучего; по высоте проростков — у трехреберника непахучего, пикульника зябра. По длине корешков различия между системами отвальной и нулевой об-

работок почвы находились в пределах значений НСР<sub>05</sub>, хотя и наблюдалась тенденция к уменьшению длины корешков при нулевой системе.

Таким образом, при минимализации обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (при дисковании или без основной обработки почвы) фитотоксичность ризосфер сорных растений возрастает. Наиболее высоким уровнем фитотоксичности характеризовалась почва ризосферы пырея ползучего.

Результаты исследований [5, 7 и др.] свидетельствуют, что при замене отвальных обработок минимальными в посевах полевых культур получают распространение многолетние корневищные и корнеотпрысковые сорняки, которые выносятся из почвы большое количество питательных веществ. Нами установлено, что сорные растения вынесены из почвы в среднем за ротацию севооборота при системе нулевой обработки почвы 76 кг азота, 32 кг фосфора и 96 кг калия в расчете на 1 га, что значительно больше, чем при отвальной обработке.

Анализ отечественной и зарубежной научной литературы свидетельствует об отсутствии разработок по количественной оценке взаимоотношений культурного и сорного компонентов агрофитоценоза при разных по интенсивности системах обработки почвы. Полученные нами экспериментальные данные о соотношении урожайности ячменя и обилия сорного компонента в анализируемом интервале засоренности свидетельствуют о достаточно равномерном снижении урожайности

культуры при увеличении численности сорняков. Это дало основание для использования линейного уравнения взаимосвязи показателей  $y = a - bx$ , где  $a$  — урожайность на участке, свободном от сорняков,  $b$  — коэффициент, характеризующий снижение урожайности в расчете на единицу обилия сорного компонента,  $x$  — фактический уровень обилия сорного компонента агрофитоценоза.

Следует подчеркнуть, что указанная зависимость не всегда может быть описана линейным уравнением, так как в достаточно широком интервале увеличения засоренности посевов не ведет к прямо пропорциональному снижению урожайности. Однако в связи с отсутствием достаточно убедительного агробиологического обоснования всех предлагаемых уравнений и при обеспечении достаточного уровня точности предпочтение следует отдавать менее сложным линейным уравнениям.

В наших исследованиях вид, форму связи урожайности полевых культур и засоренности посевов проверяли с помощью парного корреляционно-регрессионного анализа по 15 типам функциональной зависимости на персональном компьютере по программе STRAZ, разработанной на кафедре земледелия и методики опытного дела Тимирязевской академии. В качестве критерия принадлежности к той или иной форме функциональной связи использовали значение показателя корреляционного отношения, критерий линейности корреляции, а также индекс корреляции

и остаточное среднее квадратическое отклонение.

Как известно, при сравнительно малых выборках и значениях коэффициента корреляции, близких к единице, распределение выборочных коэффициентов корреляции может заведомо отличаться от нормального. В этом случае для оценки значимости коэффициента корреляции и для проверки нулевой гипотезы нами использовались специальные таблицы граничных значений коэффициентов корреляции на 5% уровне значимости.

Установлено, что, судя по значениям критерия линейности корреляции и детерминации, а также оценки коэффициентов корреля-

ции на основе проверки нулевой гипотезы по таблицам критических граничных их значений, взаимосвязь урожайности ячменя и обилия сорных растений статистически достоверно отражается линейными уравнениями.

Характерно, что в соответствии с уравнениями и теоретическими линиями регрессии конкурентное воздействие сорных растений на ячмень при поверхностной системе обработки выше, чем при отвальной. Так, в среднем за 2 года при отвальной системе обработки урожайность ячменя снижалась в расчете на 1 сорняк (побег) на 0,62 г/м<sup>2</sup>, при поверхностной — на 0,8 г/м<sup>2</sup>, а на 1 г сухой массы сорных растений — соответственно на 1,5 и 2,5 г/м<sup>2</sup> (табл. 3).

Таблица 3

**Взаимосвязь уровней обилия сорного компонента агрофитоценоза с урожайностью ячменя при разных системах обработки почвы**

Год	Уравнение регрессии*	Коэффициенты		$t_{\phi} (t_{05} = 2,1)$	Корреляционное отношение $\eta$	Критерий линейности корреляции $F (F_{05} = 2,78)$
		корреляции, $r_{\phi} \pm S_r$	детерминации, $d_{yx}$			
<i>Отвальная</i>						
1983	$y = 269 - 0,6x$	$-0,93 \pm 0,07$	0,87	13,3	0,93	0,14
1984	$y = 334 - 0,63x$	$-0,94 \pm 0,06$	0,89	15,7	0,95	0,23
<i>Поверхностная</i>						
1983	$y = 268 - 0,8x$	$-0,93 \pm 0,07$	0,86	13,2	0,95	2,38
1984	$y = 343 - 0,8x$	$-0,97 \pm 0,03$	0,93	19,3	0,97	0,18

\*  $y$  — урожайность, г/м<sup>2</sup>;  $x$  — засоренность, шт/м<sup>2</sup>.

В среднем за 1983—1984 гг. урожайность ячменя при уровне обилия сорного компонента 50 шт/м<sup>2</sup> была ниже по сравнению с контролем при отвальной системе обработки на 6,8%, а при поверхностной — на 8,4%. Тенденция

более высоких темпов снижения урожайности ячменя при поверхностной системе обработки в сравнении с отвальной наиболее заметно проявилась при высоких исходных уровнях засоренности посевов.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что независимо от интенсивности обработки почвы чем больше длительность произрастания сорняков в посевах культуры, тем сильнее их конкурентное воздействие, приводящее к статистически достоверному снижению урожайности. Так, совместное произрастание ячменя и сорняков при уровне обилия пос-

ледних 60 шт/м<sup>2</sup> в течение первой недели после всходов культуры уже приводило к снижению урожайности ячменя. С дальнейшим увеличением длительности совместного произрастания компонентов агрофитоценоза отмечалось неуклонное статистически достоверное уменьшение урожайности ячменя во все годы исследований (табл. 4).

Таблица 4  
Урожайность ячменя (г/м<sup>2</sup>) при разной продолжительности его совместного произрастания с сорняками

Год	Продолжительность совместного произрастания, дни							НСР <sub>05</sub> для частных различий
	контроль (чистые посевы)	7	21	42	56	70	107	
<i>Отвальная</i>								
1983	329,2	323,0	308,0	286,5	281,7	267,0	239,6	8,8
1984	348,9	341,7	326,5	310,3	296,9	289,3	263,8	9,5
1985	254,6	247,0	232,5	213,0	190,1	185,8	140,4	15,2
Среднее за 1983—1985 гг.	310,9	303,9	289,0	269,9	256,2	247,4	214,6	—
<i>Поверхностная</i>								
1983	321,9	312,3	295,5	282,2	267,0	256,5	223,2	8,8
1984	333,5	323,8	312,8	295,0	278,8	265,0	233,8	9,5
1985	279,6	267,7	248,2	226,2	201,3	188,4	134,9	15,2
Среднее за 1983—1985 гг.	311,7	301,3	285,5	268,0	249,0	236,7	197,3	—

По нашему мнению, существенное снижение урожайности ячменя даже при сравнительно коротком времени совместного произрастания с сорняками может быть обусловлено особенностями роста и развития культуры. Так, на чистых от сорняков делянках нарастание надземной массы ячменя шло весьма неравномерно. Первые 2 нед его темпы были медлен-

ными. На данном этапе ячмень подвергался сильному конкурентному воздействию сорняков, по интенсивности роста и развития значительно опережающих в это время культурные растения, особенно при поверхностной системе обработки почвы. В течение последующих 2—3 нед и до фазы колошения наблюдался бурный рост ячменя. В дальнейшем нарастание



его надземной массы замедлялось, а к концу вегетации за счет потери воды и частично органической массы она уменьшалась.

Таким образом, наиболее критическим периодом для ячменя к конкурентному воздействию сорняков является межфазный период 2—3 листа — кушenne, что соответствует совместному произрастанию компонентов агрофитоценоза в течение 7—21 дня. Установлено, что при засушливых условиях в начале вегетации критический период, или период наибольшей чувствительности ячменя к конкурентному воздействию сорняков, сдвигался на более поздний срок. Следует подчеркнуть, что отмеченные различия в темпах роста и развития ячменя и сорняков наибольшее выражение получили при поверхностной системе обработки почвы.

Корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязи времени совместного произрастания компонентов агрофитоценоза и урожайности ячменя при отвальной и поверхностной системах обработки почвы свидетельствует о наличии сильной обратной их линейной корреляционной зависимости (табл. 5). Судя по абсолютным значениям коэффициентов регрессии, темпы снижения урожайности ячменя при минимализации обработки почвы были несколько выше, чем при системе отвальной ее обработки. В среднем за 1983—1985 гг. увеличение продолжительности совместного произрастания ячменя и сорняков на 1 день при отвальной системе обработки приводило к снижению урожайности ячменя на 0,83 г/м<sup>2</sup>, при поверхностной — на 1,03 г/м<sup>2</sup>.

Таблица 5  
Взаимосвязь времени совместного произрастания ячменя и сорных растений с урожайностью культуры при разных системах обработки почвы

Год	Уравнение регрессии*	Коэффициенты		$t_{05} = 2,04$	$\eta$	F ( $F_{05} = 2,66$ )
		корреляции, $r_{xy} \pm S_r$	детерминации, $d_{yx}$			
<i>Отвальная</i>						
1983	$y = 325 - 0,8x$	$-0,95 \pm 0,05$	0,91	19,06	0,958	0,91
1984	$y = 343 - 0,7x$	$-0,96 \pm 0,04$	0,92	19,2	0,963	0,92
1985	$y = 254 - x$	$-0,98 \pm 0,02$	0,96	24,5	0,982	1,67
<i>Поверхностная</i>						
1983	$y = 316 - 0,9x$	$-0,97 \pm 0,03$	0,94	24,3	0,973	0,57
1984	$y = 331 - 0,9x$	$-0,96 \pm 0,04$	0,92	19,2	0,964	0,64
1985	$y = 277 - 1,3x$	$-0,98 \pm 0,02$	0,97	32,8	0,987	1,15

\*  $y$  — урожайность, г/м<sup>2</sup>;  $x$  — время совместного произрастания, дни.

Таким образом, при минимализации обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы

путем замены в системе основной обработки вспашки поверхностным дискованием на глубину 8—

10 см отмечено увеличение вредоносности сорного компонента агрофитоценоза за счет более интенсивного конкурентного воздействия сорняков на растения ячменя, особенно в начале вегетации культуры (фаза 2—3 листьев — начало кущения).

В настоящее время основным количественным критерием, характеризующим вредоносность сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур, является экономический порог вредоносности (ЭПВ). Он рассчитывается на основе существующих методик [4] по результатам полевых опытов, которые проводятся для определения коэффициентов, отражающих потери урожая в расчете на единицу обилия сорного компонента агрофитоценоза. Большинство таких опытов предусматривает изучение влияния различных уровней обилия сорняков на урожайность полевых культур при совместном их произрастании в течение всего вегетационного периода. Однако регулирующие мероприятия, например обработка гербицидами, как правило, устраняют конкурентное воздействие сорных растений не с самого начала вегетации культуры, а с момента их применения (например, для зерновых культур в фазу кущения).

Следовательно, коэффициент, используемый для расчетов экономических порогов вредоносности при обработке гербицидами, должен отражать потери урожая не с самого начала вегетации, а с момента применения гербицида. В этой связи расчет пороговых уровней вредоносности сорного

компонента следует проводить с учетом продолжительности регулирующего воздействия гербицидов на сорные растения.

Для расчета ЭПВ сорных растений предлагается следующее уравнение:

$$\text{ЭПВ} = \frac{C_r \times H_r + Z_r}{C_n \times (X_s - X_r)}, \quad (1)$$

где  $C_r$  — цена гербицида, руб/кг;  $H_r$  — норма внесения гербицида, кг/га;  $Z_r$  — затраты на внесение гербицида, руб/га;  $C_n$  — цена 1 ц урожая основной продукции, руб;  $X_s$  — коэффициент, характеризующий потери урожая в расчете на 1 сорняк (побег), произрастающий в посевах всю вегетацию, ц/га · (шт/м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>;  $X_r$  — коэффициент, характеризующий потери урожая в расчете на 1 сорняк, произрастающий в посевах с начала вегетации до применения гербицида, ц/га · (шт/м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>.

Коэффициенты  $X_s$  и  $X_r$  могут быть выражены в процентах, что значительно расширяет спектр возможного применения данной зависимости для расчета ЭПВ сорняков. После соответствующих преобразований уравнение (1) принимает вид:

$$\text{ЭПВ} = \frac{C_r \times H_r + Z_r}{C_n \times 0,01 \times Y_0 \times (X_s - X_r)}, \quad (2)$$

где  $Y_0$  — урожайность на чистых от сорняков посевах, ц/га;  $X_s$  и  $X_r$  — коэффициенты, характеризующие потери урожая в расчете на 1 сорняк (побег), произрастающий в посевах соответственно с начала вегетации до применения гербицида и всю вегетацию, % · (шт/м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>.

Значения показателей ЭПВ,  $C_r$ ,  $H_r$ ,  $Z_r$  и  $C_v$  соответствуют аналогичным в формуле (1).

В условиях рыночной экономики, при быстром и непредсказуемом росте цен на сельскохозяйственную технику, гербициды, энергоносители и т.д., экономические критерии недостаточно точно отражают фактическое соотношение материально-технических затрат и полученного эффекта. В этой связи нами предлагаются новые, менее подверженные конъюнктуре рынка и рыночной экономики энергетические критерии для оценки вредоносности сорного компонента агрофитоценоза.

Энергетический порог вредоносности ( $ПВ_\epsilon$ , шт/м<sup>2</sup>) рассчитывается по следующей формуле:

$$ПВ_\epsilon = \frac{E_r \times H_r + E_v}{X_v^\epsilon - X_r^\epsilon}, \quad (3)$$

где  $E$  — энергетический эквивалент 1 кг гербицида, МДж;  $H_r$  — норма внесения гербицида, кг/га;  $E_v$  — энергозатраты на внесение гербицида, МДж/га;  $X_v^\epsilon$  — коэффициент, характеризующий энергетический эквивалент потерь урожая в расчете на 1 сорняк, произрастающий в посевах всю вегетацию, МДж/га · (шт/м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>;  $X_r^\epsilon$  — коэффициент, характеризующий энергетический эквивалент потерь урожая в расчете на 1 сорняк (побег), произрастающий в посевах с начала вегетации до применения гербицидов, МДж/га · (шт/м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>.

Таким образом, предложенные критерии и формулы их расчета позволят более точно оценить сте-

пень конкурентного воздействия сорного компонента агрофитоценоза на урожайность полевых культур.

На основе обобщения экспериментальных данных и результатов их корреляционно-регрессионного анализа рассчитаны энергетические пороги вредоносности наиболее распространенных в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России биологических групп и видов сорных растений в посевах ячменя. Для сравнения: энергетический порог вредоносности рассчитывался двумя способами:

— традиционным, который предполагает совместное произрастание компонентов агрофитоценоза в течение всей вегетации культуры;

— предлагаемым нами уточненным методом по формуле (3) с учетом времени фактического устранения конкурентного воздействия сорных растений (с момента применения гербицида).

В соответствии с традиционной методикой расчета по аналогии с ЭПВ энергетический порог вредоносности определяется как соотношение энергосодержания дополнительного урожая, компенсирующего энергозатраты на применение гербицида ( $E_{ду}$ ), к коэффициенту, отражающему энергетический эквивалент потерь урожая в расчете на единицу засоренности посевов ( $v$ ):

$$ПВ_\epsilon = \frac{E_{ду}}{v}. \quad (4)$$

Энергосодержание дополнительного урожая при этом определяется по формуле

$$E_{\text{дв}} = N_r \times E_r + E_b, \quad (5)$$

где обозначения те же, что в формуле (3).

Энергетические пороги вредоносности, рассчитанные по фор-

муле (3) с учетом значений коэффициентов регрессии, отражающих потери урожая ячменя при увеличении длительности совместного произрастания на 1 день, представлены в табл. 6.

Таблица 6

Энергетические пороги вредоносности сорного компонента агрофитоценоза\* в посевах ячменя при отвальной (числитель) и поверхностной (знаменатель) системах обработки почвы

Гербицид	Доза гербицида, кг/га	Энергосодержание, МДж на 1 кг д.в. гербицида	Энергосодержание дополнительного урожая, компенсирующего затраты на применение гербицида, МДж/га	Энергетический порог вредоносности (шт/м <sup>2</sup> ) рассчитанный по	
				традиционной методике	предлагаемой формуле
Лонтрел, 30% в.р.	0,4	153	1560	<u>19</u>	<u>22</u>
				15	19
Базагран, 48% в.р.	3,0	434	2635	<u>33</u>	<u>38</u>
				25	31
2,4-ДА, 40% в.к.	1,8	85	1855	<u>23</u>	<u>26</u>
				18	22
Диален, 40% в.к.	2,0	102	1921	<u>24</u>	<u>27</u>
				18	23
Суффикс БВ, 20% к.э.	2,5	418	2129	<u>26</u>	<u>30</u>
				20	25
Утал, 36% в.р.	4,4	454	2979	<u>37</u>	<u>42</u>
				29	35
Триаллат, 40% к.э.	3,0	370	2454	<u>30</u>	<u>35</u>
				23	29

\* Состав сорного компонента: трехреберник непахучий, пикульник зябра, горцы (птичий, выюнквый, развесистый), мокрица, фиалка полевая.

При отвальной системе обработки энергетические пороги вредоносности сорного компонента агрофитоценоза при применении гербицидов 2,4-ДА, диалена и лонтрела составят соответствен-

но 26, 27 и 22 шт/м<sup>2</sup>, а при поверхностной системе обработки — 22, 23 и 19 шт/м<sup>2</sup>. Следовательно, при минимализации обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы применение гер-

бицидов будет энергетически эффективнее при меньших, чем в случае отвальной обработки, уровнях засоренности посевов ячменя.

Следует подчеркнуть, что приведенные в табл. 6 значения энергетических порогов вредоносности являются ориентировочными, так как на практике они зависят от многих факторов (видового состава сорняков, энергосодержания гербицидов, нормы их применения, почвенно-климатических условий и др.), поэтому для каждого региона их необходимо уточнять по результатам полевых опытов научно-исследовательских учреждений.

### Заключение

Установлено, что при минимализации обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы путем замены в системе основной обработки вспашки поверхностным дискованием на глубину 8—10 см интенсивность накопления воднорастворимых фенольных соединений в ризосферной почве сорняков несколько увеличивалась, особенно в начале вегетационного периода.

В исследуемом интервале численности сорных растений (0—100 шт/м<sup>2</sup>), судя по значениям критерия линейности корреляции и коэффициентов корреляции и детерминации, взаимосвязь урожайности ячменя и обилия сорных растений статистически достоверно отражается линейными уравнениями типа  $y = a - bx$ .

При минимализации обработки почвы установлено увеличение вредоносности сорного компонента агрофитоценоза за счет бо-

лее интенсивного конкурентного воздействия сорняков на ячмень, особенно в начальные фазы роста и развития культуры.

Увеличение длительности совместного произрастания культурного и сорного компонентов агрофитоценоза приводит к снижению урожайности зерновых культур при обеих испытываемых системах обработки почвы. Полевые культуры, характеризующиеся сравнительно медленным ростом и развитием в начале вегетационного периода, в большей степени подвергаются конкурентному воздействию сорных растений.

Для адекватной оценки вредоносности сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур предложены новый критерий — энергетический порог вредоносности — и формула для его расчета.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гродзинский А.М. Экспериментальное изучение влияния растений друг на друга через выделения. — В кн.: Экспериментальная геоботаника. Казань, 1965, с. 90—135. — 2. Гродзинский А.М. Основи хімічної взаємодії рослин. Київ: Наукова думка, 1973. — 3. Гродзинский А.М. Перспектива изучения и использования аллелопатии в растениеводстве. — В сб.: Роль аллелопатии в растениеводстве. Киев: Наукова думка, 1982, с. 3—14. — 4. Захаренко В.А. Экономическая оценка средств борьбы с сорняками. — В сб.: Борьба с сорняками при возделывании с.х. культур. М.: Колос, 1988, вып. 4, с. 22—27. — 5. Перегуда Л.В.,

Городецкий А.В. Место и роль абиотических факторов и компонентов в функционировании природных экосистем. — В сб.: Почвенно-биогеоценологические исследования в Приазовье. М.: Наука, 1978, с. 5—20. — 6. Пупонин А.И., Смирнов Б.А., Захаренко А.В. Действие многолетнего применения систем обработки почвы и гербицидов на засоренность посевов и урожайность полевых культур. — Вестн. с.-х. науки, 1988, № 2, с.

103—109. — 7. Пупонин А.И., Захаренко А.В., Дебердеев К.Ш. Действие разных систем обработки почвы в сочетании с гербицидами на сорный компонент агрофитоценоза и урожайность полевых культур. — Изв. ТСХА, 1992, вып. 5, с. 3—11. — 8. Часовенная А.А. К вопросу о взаимодействии растений в культивируемых сообществах. — Вестн. Лен. ун-та, 1965, № 9, вып. 2, с. 47—63.

*Статья поступила 13 сентября 1996 г.*

## SUMMARY

The results of investigating mutual relations between cultivated (barley) and weed components of field agrophytocenoses with improvements in tillage of sod-podzolic medium clay loam in the way of its minimization are presented. It has been found that with minimum tillage the intensity of accumulating water-soluble phenol compounds in the soil of weeds' rhizosphere becomes higher. Interconnection between the yield of barley and quantity of weeds is statistically releably expressed by linear equation of  $y = a - bx$  type. For quantitative estimation of harmfulness of weeds a new criterion — energetic limit of harmfulness — and a formula for its calculation are suggested.