

УДК 632.51, 632.954

ПОВЕДЕНИЕ ХЛОРСУЛЬФУРОНА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИЗВЕСТКОВАНИЯ, УДОБРЕНИЙ И СЕВООБОРОТА

Л.М ПОДДЫМКИНА, А.В. ЗАХАРЕНКО

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

На Полевой опытной станции МСХА в длительном полевом опыте в бессменных посевах льна-долгунца (*Linum sp.*) и в севообороте изучали поведение гербицида ленок (д.в. хлорсульфурон, 79%), внесенного в дозе 7 г/га по препарату. Определяли содержание остаточных количеств хлорсульфурона в профиле дерново-подзолистой почвы и влияние на скорость его распада известкования, минеральных и органических удобрений. Методом биоиндикации [на тест-растениях — горчице белой (*Sinapis alba*) и редьке дикой (*Raphanus sp.*)] установлен уровень фитотоксичности почвы в разных вариантах опыта до и после уборки урожая льна. Приводятся данные об активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов почвенной микрофлоры (по уровню разрушения льняной ткани) в разных вариантах опыта, различающихся широким диапазоном рН, содержанием органического вещества, а также внесением органоминеральных удобрений.

В современном земледелии для эффективного регулирования сорного компонента в агроценозе апробирован достаточно широкий спектр гербицидов на основе производных сульфонилмочевины (более 30 препаратов). Среди них наиболее распространены препараты, содержащие в качестве активного начала хлорсульфурон, в частности кортес, или глин (75%) и лёнок (д.в. калиевая соль хлорсульфурона, 79%). Гербициды на основе хлорсульфурона при норме расхода препарата 8-10 г/га рекомендуются для допосевного, до- и после-всходового применения на посевах зерновых колосовых — пшеницы, ячменя, а также льна [9].

Сульфонилмочевинные препараты отличаются высокой гербицидной активностью, что позволяет их использовать для уничтожения дву-

дольных и ряда видов однодольных сорняков. В частности, они хорошо уничтожают горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus*), горцы почечуйный и перечный (*P.persicaria*, *P.hydroperiper*), крестовник обыкновенный (*Senecio vulgaris*), горчицы полевую и белую (*Sinapis arvensis*, *S.alba*), торицу полевую (*Spergula arvensis*), звездчатку среднюю (*Stellaria media*), щирицу запрокинутую (*Amaranthus retroflexus*), пастушью сумку (*Capsella bursa-pastoris*), марь белую (*Chenopodium album*), пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit*), ромашку непахучую (*Matricaria perforata*, *M.inodora*), незабудку полевую (*Myosotis arvensis*), ярутку полевую (*Thlaspi arvense*), монохорию Корсакова (*Monochoria korsakowii*), частуху восточную (*Alisma orientale*) и др. [10].

Сорные растения наносят большой вред посевам льна, в частности пырей ползучий и плевел льняной, не удаляются при первичной обработке льносырья и вместе с волокнами попадают в ткань; семена плевела льняного, горца вьюнкового, торицы полевой, василька синего загрязняют семена льна при уборке в льноворохах. Пырей ползучий, бодяк полевой, вьюнок полевой через корневую систему выделяют в почву токсичные для всходов льна вещества и пр. [5], что тормозит развитие культуры.

При возделывании льна-долгунца применяются разные способы уничтожения сорной растительности. Наиболее распространенными являются агротехнические, но они не всегда позволяют снизить засоренность посевов до безвредного уровня и поэтому их часто дополняют химическими методами. В последние годы в посевах льна и зерновых часто используют гербициды на основе хлорсульфурана. Сульфонилмочевинные препараты активно поглощаются корнями и листьями растений и обеспечивают уничтожение отрастающих сорняков в течение всего периода вегетации. Эффектив-

ное уничтожение широколиственных двудольных сорняков гербицидами на основе хлорсульфурана достигается при их обработке в ранние фазы роста и развития (при высоте растений не более 10 см) [4].

Многие исследователи отмечают, что при нарушении технологии применения хлорсульфурана и/или при внесении его без учета особенностей почвы, агротехники и прочих условий возможно отрицательное влияние на последующие культуры севооборота [1, 4, 11] в течение 3 лет.

Цель наших исследований — дать экологическую оценку применения препаратов на основе хлорсульфурана в посевах льна-долгунца на разном агрохимическом фоне.

Методика

Исследования проводили в длительном полевом опыте МСХА им. К.А. Тимирязева, заложенном в 1912 г. на Полевой опытной станции проф. А.Г. Дояренко [3]. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая. Содержание гумуса и рН варьировали в зависимости от внесения извести, минеральных удобрений и минерально-органических удобрений (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Характеристика дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под посевами льна-долгунца (в числителе — без извести, в знаменателе — с известью)

Вариант опыта	рН _{вод}		рН _{сол}		Гумус, %	
	бессменно	севооборот	бессменно	севооборот	бессменно	севооборот
Контроль (целина)	8,0		7,1		1,8	
Контроль (без удобрений)	$\frac{6,3}{7,2}$	Не обследовалось*	$\frac{4,5}{6,2}$	Не обследовалось	$\frac{1,5}{1,5}$	Не обследовалось
НРК	$\frac{5,8}{7,1}$	$\frac{6,0}{6,7}$	$\frac{5,3}{6,1}$	$\frac{4,1}{6,0}$	$\frac{1,6}{2,3}$	$\frac{1,4}{2,0}$
НРК+навоз	$\frac{5,2}{6,5}$	Не обследовалось	$\frac{4,8}{6,4}$	Не обследовалось	$\frac{1,6}{1,8}$	Не обследовалось

Примечание. * Не обследовалось — схема севооборота 2002 г., четное поле льна и удобрения вносили в количестве 100N150P120K.

Опытный участок размером 1,5 га был разделен на две части, на каждой из которых нарезалось по 6 прямоугольных полей. На участке с бесменным посевом льна поле было разделено на 11 делянок, на которых размещены два контроля, где проводились только агротехнические мероприятия — контроль без удобрений и варианты с удобрениями — N, P, K, NP, NK, PK, NPK, навоз, NPK + навоз. На участке с севооборотом отсутствовал вариант с внесением навоза.

Первое известкование проведено осенью 1949 г. на половине всех полей бесменных культур и севооборота, которое до настоящего времени проводится регулярно один раз в 6 лет по полной гидролитической кислотности. С этого же года на известкованных делянках бесменно возделываются следующие культуры: 1 — чистый пар, 2 — озимая рожь, 3 — картофель, 4 — ячмень с подсевом клевера, 5 — клевер, 6 — лен. С 1973 г. на четных полях севооборота минеральные удобрения вносятся в количестве 100N, 150P₂O₅, 120K₂O за один прием, а на нечетных — дифференцировано по схеме, принятой в 1912 г. Площадь учетных делянок — 50 м². Хлорсульфурон применяли в посевах льна при бесменном его возделывании и в севообороте в следующих вариантах опыта: контроль (без удобрений), NPK, NPK+навоз. Соответственно при внесении извести и без извести. В 3Р02 г. обработку льна-долгунца (*Linum sp.*) проводили гербицидом ленок при норме расхода 7 г/га в фазу «елочки» (при высоте 8–12 см).

Погодные условия вегетационного периода 2002 г. отличались аномально высокими температурами воздуха и низкой обеспеченностью осадками по сравнению со среднелетними данными (рис. 1).

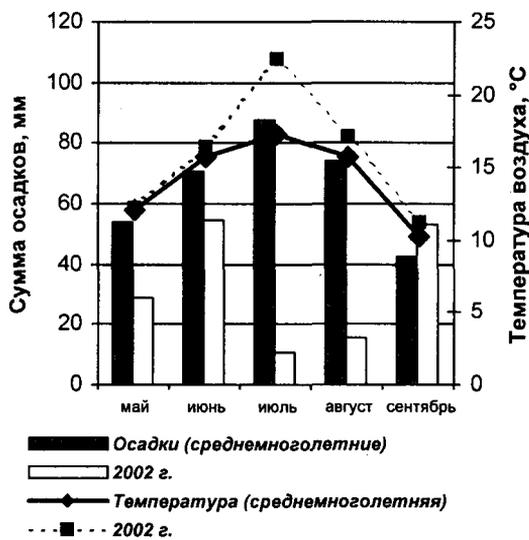


Рис. 1. Погодные условия среднелетние и за 2002 г. исследований

Для изучения микробиологической активности почвы в разных вариантах опыта на глубину 20 см были закопаны льняные полотна размером 5x20 см в начале вегетации, которые извлекались в конце вегетации для проведения оценки степени их разложения [2].

Отбор проб почвы производили в соответствии с «Унифицированными правилами отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания, объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов», утвержденными Минздравом СССР 21.08.79 г. за № 2051—79. В соответствии с [8] в сроки 1, 7, 15, 30, 140 сут отбирали образцы по горизонтам почвы (0—5, 5–10, 10–15, 15–20 см) с помощью бура. Содержание хлорсульфурина в почве определяли на хроматографе «Beckman System Gold». Метод основан на извлечении хлорсульфурина из почвенной пробы 70% этанолом, очистке полученного экстракта н-гексаном и переэкстракции

(предварительно подкисленного раствора до pH 2-3 с помощью 0,1 н. HCl) в метилен хлористый с последующим концентрированием до сухого остатка и его растворением в подвижной фазе перед вводом в инжектор хроматографа. Содержание гербицида в анализируемом образце определяли по следующей формуле:

$$C_{об} = \frac{h_{об} \cdot C_{см} \cdot V_0}{h_{сн} \cdot m_n} \cdot P,$$

где $C_{об}$ — содержание д.в. в пробе, мг/кг(л); $C_{см}$ — количество стандарта д.в., введенного в хроматограф, мкг/мл; $h_{сн}$ — высота хроматографического пика стандарта д.в., мм; $k, \#$ — высота хроматографического пика д.в. в пробе, мм; V_0 — конечный объем анализируемого образца, мл; P — коэффициент пересчета, учитывающий отбор половинной аликвоты из фильтрата после первичной экстракции, равный 2; t_n — навеска почвы, равная 200 г. Минимально определяемая концентрация в растворе 0,05 мкг/мл. Предел обнаружения в почве 2-5 мкг/мл. Открываемость метода 87-90% [7].

Расчет периода 50 и 90 % разложения исходного количества гербицида в почве проводили по общепринятой зависимости

$$T_{50,90} = \frac{\ln(N)}{k},$$

где k — константа скорости разложения действующего вещества гербицида в почве или воде, сут⁻¹; N — константа, равная 0,5 для показателя T_{50} и 0,1 — для T_{90} . Показатель k рассчитывали по экспоненциальной зависимости

$$C_i = C_0 \cdot \exp(-kT_i),$$

где C_i , C_0 — соответственно исходное и остаточное количество гербицида в матрице на момент времени T_i , мг/кг.

Уровень фитотоксичности почвы изучали методом биоиндикации в вегетационных опытах, проводимых в камерах лаборатории искусственного климата — ЛИК, ВНИИФитопатологии. Растения высевали в парафинированные бумажные стаканы диаметром 100 мм и содержащие 600 г воздушно-сухой почвы, просеянной через 2 мм сито. Повторность опыта 5-кратная для каждого вида тест-растений. В контроле (без гербицида) использовали почву с изолированного участка целины, расположенного рядом с опытным полем.

В качестве тест-растений использовали горчицу белую (*Sinapis alba*), которая более чувствительна, чем редька дикая (*Raphanus sp.*), к присутствию хлорсульфурана в почве.

Опыт проведен в контролируемых условиях. Через 28 сут надземную массу тест-растений срезали и взвешивали. Об уровне фитотоксичности хлорсульфурана в опытных образцах почвы судили по снижению массы надземной части растений в сравнении с контрольными.

Фитотоксичность почвы определяли по формуле

$$I_0 = 100 \cdot \left(1 - \frac{m_0}{m_k} \right),$$

где I_0 — ингибирование роста биомассы растения-индикатора, % к контролю; m_0 и m_k — масса надземной части растений соответственно в опытном и контрольном вариантах, г.

Результаты

Скорость разложения хлорсульфурана при возделывании льна в севообороте и при бессменном посеве была различной (табл. 2). В свою очередь, при бессменном посеве она зависела от внесения удобрений и

Действие севооборота, удобрений и известкования на динамику разложения остатков хлорсульфурана в почве на посевах льна-долгунца

Вариант опыта	Время после обработки, сут	Слой почвы, см	Содержание остатков в почве, мкг/кг	Вариант опыта	Время после обработки, сут	Слой почвы, см	Содержание остатков в почве, мкг/кг
<i>Лен бессменно</i>				<i>Лен (севооборот)</i>			
Без удобрений: без извести	0	0-5	5,76	NPK + навоз: без извести	0	0-5	5,7
	7	0-5	1,1		7	0-5	0,31
		5-10	1,5			15	5-10
	15	0-5	0,96		0-5		следы
		5-10	н.о.		5-10	н.о.	
		10-15	н.о.		10-15	н.о.	
	15-20	н.о.	15-20	н.о.			
с известью	0	0-5	5,7	с известью	0	0-5	5,7
	7	0-5	1,6		7	0-5	0,39
		5-10	2,3			15	5-10
	15	0-5	0,96		0-5		следы
		5-10	н.о.		5-10	н.о.	
		10-15	н.о.		10-15	н.о.	
	15-20	н.о.	15-20	н.о.			
NPK: без извести	0	0-5	5,7	NPK: без извести	0	0-5	5,8
	7	0-5	0,61		7	0-5	0,33
		5-10	0,4			15	5-10
	15	0-5	0,46		0-5		0,29
		5-10	н.о.		5-10	н.о.	
		10-15	н.о.		10-15	н.о.	
	15-20	н.о.	15-20	н.о.			
с известью	0	0-5	5,7	с известью	0	0-5	5,7
	7	0-5	1,1		7	0-5	0,54
		5-10	2,2			15	5-10
	15	0-5	1,72		0-5		0,47
		5-10	н.о.		5-10	н.о.	
		10-15	н.о.		10-15	н.о.	
	15-20	н.о.	15-20	н.о.			

Примечание. Н.о. — дв. не обнаружено.

извести. Так, во всех вариантах опыта внесение извести способствовало увеличению содержания хлорсульфурана в поверхностных слоях почвы 0-5 и 5-10 см спустя 7 и 15 дней после обработки посевов льна, что согласуется с литературными данными о повышении его устойчивости с увеличением рН. Наибольшее количество хлорсульфурана обнаружено при известковании

почвы без внесения удобрений. На этом фоне спустя 7 дней оно составляло 1,6 мкг/кг в слое почвы 0-5 см и 2,3 мкг/кг в слое 5-10 см, т.е. за счет внесения извести оно возросло соответственно на 45 и 53,5% по сравнению с его содержанием на этом же фоне без известкования.

Внесение минеральных удобрений (100N150P120K) способствовало снижению количества хлорсульфурана

в поверхностных слоях почвы. Если сравнить между собой варианты без удобрений и с NPK, то на фоне без извести содержание гербицида в слое 0~5 см снизилось на 45%, а в слое 5~10 см — на 73%. На известкованном фоне остаточные количества хлорсульфурина были выше. Так, в слое почвы 0-5 см его содержание уменьшилось на 31%, а в слое 5-10 см — всего лишь на 4,3%. Спустя 15 дней в результате внесения удобрений содержание хлорсульфурина снизилось на 52% только в варианте без извести, а при известковании оно, наоборот, возросло на 79%.

Наиболее сильное воздействие на скорость распада гербицида оказало совместное применение минеральных и органических удобрений. В результате их внесения содержание хлорсульфурина на фоне без извести через 7 дней снизилось на 72% в слое почвы 0-5 см и на 64% — в слое почвы 5-10 см, на известкованном фоне — соответственно на 76 и 62%. И спустя 15 дней после обработки посевов льна в слое почвы 0~5 см найдены следовые количества гербицида, а в нижележащем слое остаточные количества вообще не обнаружены на обоих фонах. В то же время в варианте без удобрений его содержание в аналогичном слое почвы составляло 0,96 мкг/кг как на фоне без извести, так и при ее внесении.

Следовательно, внесение извести сопровождалось увеличением содержания хлорсульфурина в поверхностных слоях почвы. В то же время применение минеральных удобрений приводило к уменьшению его количества, но наиболее интенсивно шло разложение при использовании органо-минеральных удобрений. На фоне органо-минеральных удобрений уже на 15-й день оста-

точные количества хлорсульфурина практически не найдены в пахотном горизонте почвы.

В свою очередь, на величину остаточных количеств хлорсульфурина в почве оказывал влияние и способ возделывания льна. Так, в севообороте на фоне NPK без извести содержание хлорсульфурина в слое 0~5 см было ниже на 46 и 37% соответственно через 7 и 15 дней по сравнению с уровнем в этом же варианте в бессменном посеве. Аналогичные результаты получены и при внесении извести. В данном варианте отмечено сокращение остаточных количеств гербицида в слое 0~5 см на 51%, в слое 5-10 см — на 32% через 7 дней после обработки и на 53% в слое 0-5 см через 15 дней. Следует также отметить слабую миграцию хлорсульфурина по профилю почвы во всех вариантах опыта, в основном он локализовался в поверхностном слое 0—10 см.

Таким образом, на дерново-подзолистой почве скорость разложения хлорсульфурина на известкованных участках была несколько ниже, чем без извести, максимальной она была при $pH_{\text{сод}}$ 4,1~4,5. С увеличением pH до 6,4 при внесении удобрений или извести скорость распада препарата замедлялась (табл. 1). Так, периоды полураспада и полного распада (90% к исходному количеству внесенного гербицида) в вариантах без извести составили T_{50} — 3-7 и T_{90} — 12-15 сут, на фоне внесения извести — T_{50} =4-14 сут, T_{90} = 11-19 сут. Наши данные согласуются с литературными источниками [4,10], в которых отмечается низкая или умеренная стойкость хлорсульфурина в почвах при $pH < 6,5$.

Известно, что с увеличением pH почвы возрастает роль микроорганизмов в деградации сульфонилмочевин. В связи с этим исследовали

Влияние удобрений и извести на целлюлозоразлагающую активность микроорганизмов пахотного слоя дерново-подзолистой почвы при возделывании льна-долгунца (в числителе — с известью, в знаменателе — без извести)

Вариант опыта	Масса льняного полотна, г		Степень разложения льняного полотна	
	начало вегетации	конец вегетации	по массе, г	%
<i>Лен бессменно</i>				
Контроль, без удобрений	3,48	2,09	1,39	39,34
	3,39	2,63	0,76	22,42
НРК	3,05	1,26	1,79	58,69
	3,41	2,02	1,39	40,76
НРК+навоз	3,32	1,67	1,65	49,70
	3,37	2,14	1,23	36,50
<i>Лен в севообороте</i>				
НРК	3,41	2,18	1,23	36,07
	3,58	2,48	1,10	30,73

влияние удобрений и извести на активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Как видно из данных табл. 3, при внесении извести повышалась активность микроорганизмов на 17%. Дальнейшее ее увеличение отмечено при использовании органо-минеральных удобрений и наибольшая величина была достигнута при одновременном применении минеральных удобрений и извести в бессменных посевах льна (58,7%). Эффективность данного приема в севообороте была меньше — 36%. Итак, с увеличением рН почвы в результате внесения извести и удобрений микробиологическая активность почвы, в частности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, возрастала. Однако рН почвы не превышала 6,4, т.е. реакция среды была слабокислой и в этой среде большую роль играло химическое разложение сульфонилмочевин; оно максимально при рН 4,2 и с увеличением рН скорость химического разложения снижается, что и нашло подтверждение в наших исследованиях.

Хлорсульфурон обладает последним действием, поэтому после его внесения не рекомендуется высевать чувствительные к нему культуры. При использовании гербицидов на основе хлорсульфурина в посевах льна возврат культуры на это поле возможен спустя 3 года.

При определении фитотоксичности почвы после применения хлорсульфурина проводили лабораторные опыты, чтобы установить наиболее чувствительный тест-объект, в качестве которого были взяты горчица белая и редька дикая. Для приготовления шкалы использовали почву с изолированного участка целины, расположенного рядом с опытным полем. Дозы гербицида указаны в табл. 4. Степень угнетения горчицы и редьки при одних и тех же дозах гербицида была различной. Так, при дозе 4 мг/кг биомасса горчицы снизилась на 97, а редьки — на 72,3%. Для выявления доз, вызывающих 50 и 84% угнетение растений, строили график «пробит-анализ» (рис. 2). 50% угнетению соответствовал пробит — 5, а 84% — 5,99. Расчеты показали, что для

**Изменение биомассы растений горчицы и редьки
в зависимости от дозы гербицида**

Индикатор (тест-культура)	Доза, д.в. мг/кг / lg доз					
	0,125/2,1	0,25/2,4	0,5/2,7	1,0/3,0	2,0/3,3	4,0/3,6
Горчица, % угнетения	15,0	25,8	53,0	78,8	87,9	97,0
Пробит	3,9	4,3	5,08	5,8	6,18	6,9
Редька, % угнетения	10,6	16,0	24,4	34,0	54,3	72,3
Пробит	3,8	4,0	4,3	4,59	5,1	5,58

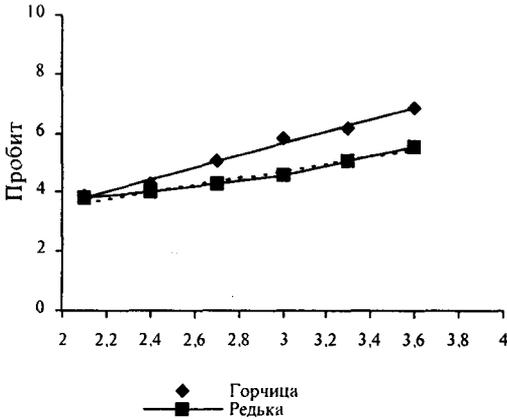


Рис. 2. Пробит-анализ

горчицы ED_{50} — 0,45мг/кг, ED_m — 1,78мг/кг, а для редьки — 1,59 и 3,98 мг/кг соответственно.

Для определения фитотоксичности почвы отбирали пробы из слоев 0~5, 5-10, 10-15 и 15—20 см через 30 дней после обработки посевов льна гербицидом и из пахотного горизонта 0-20 см и через 140 дней была взята одна проба.

Показатель селективности (ПС) =

$$= \frac{ED_{50} \text{ редьки}}{ED_{50} \text{ горчицы}} = \frac{1,59}{0,45} = 3,5.$$

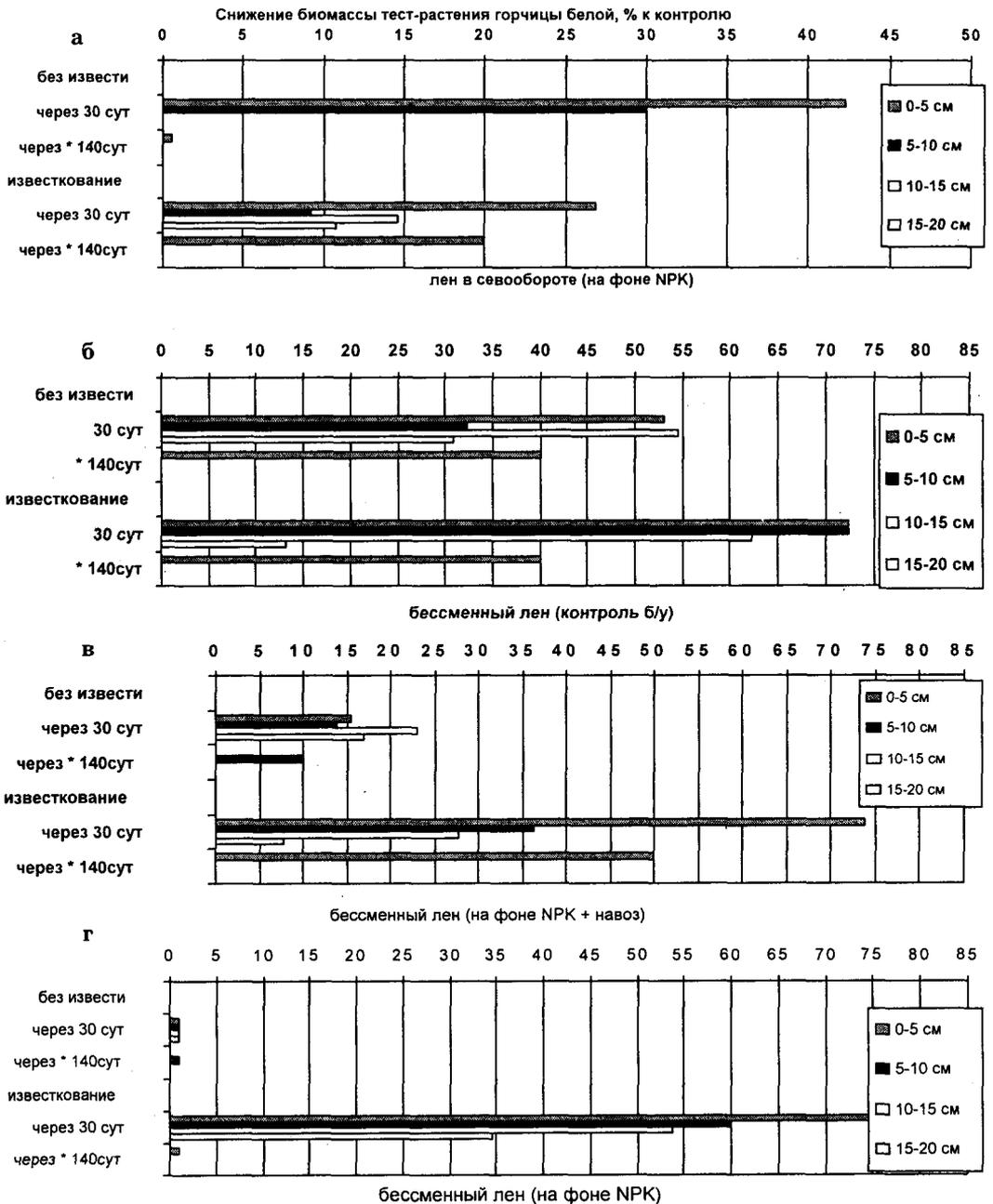
Установленный показатель селективности (ПС) показал, что горчица в 3,5 раза чувствительнее к хлорсульфурону, чем редька дикая. В связи с этим в качестве тест-объекта использовали горчицу. На рис. 3 представлена диаграмма изменения

фитотоксичности почвы после применения гербицида ленок в количестве 7 г/га по препарату.

Как видно из диаграммы, в бесменных посевах (контроль) торможение роста и развития горчицы и соответственно накопления массы наблюдалось при выращивании растений в почве, отобранной с разной глубины спустя 30 дней после обработки льна. При этом уровень фитотоксичности известкованной почвы, взятой из слоев 0~5 и 10-15 см, был максимальным и снижение массы горчицы достигало 52-55%, отобранной с глубины 5-10 и 15-20 см — соответственно 32-30,5%. Спустя 140 сут фитотоксичность почвы сохранялась и отмечалось торможение накопления биомассы растений на 40%, что соответствовало 0,35 мг/кг хлорсульфурана.

При внесении извести фитотоксичность первых трех слоев почвы возрастала, а нижнего слоя (15-20 см) снижалась и составляла соответственно 72,5; 72,5; 62,5 и 13%. В то же время при отборе проб через 140 дней она была такой же, как и на фоне без извести.

Внесение органо-минеральных удобрений на известкованном фоне способствовало значительному снижению уровня фитотоксичности почвы всех слоев как через 30, так и через 140 дней. На известкованном фоне фитотоксическое действие хлорсульфурана на горчицу



Примечание. В срок *140 сут проведена биоиндикация верхнего горизонта $A_{\text{пах}}$ (0–20 см), в остальных случаях по слоям высотой 5 см. В качестве контроля использовали целинную почву, взятую с участка, расположенного рядом с территорией длительного Полевого опыта. Свезесрезанная надземная масса горчицы белой в контроле равнялась 2,6 г.

Рис. 3. Изменение уровня фитотоксичности различных слоев почвы после применения гербицида ленок в дозе 7 г/га на посевах льна в зависимости от севооборота, удобрений и известкования

было значительно выше, чем на фоне без извести, при отборе проб во всех слоях почвы через 30 и 140 дней. Однако, если сравнивать с контролем, то при внесении удобрений фитотоксичность слоев почвы, расположенных ниже 5 см, была меньше. В самом верхнем слое почвы (0-5 см) ингибирующее действие препарата на развитие горчицы было таким же, как и в контроле, и составляло 74,5%. На высоком уровне оно сохранилось и спустя 140 дней в горизонте 0-20 см.

Практически не зафиксировано фитотоксичное действие на развитие горчицы во всех слоях почвы при внесении одних минеральных удобрений (100N150P120K) на известкованном фоне. Снижение массы растений не превышало 1,5%. В то же время при внесении извести при отборе проб через 30 дней фитотоксичность почвы составляла 75, 60, 54 и 35% соответственно при взятии почвы с глубины 0-5, 5-10, 10-15 и 15-20 см. Спустя 140 дней после применения гербицида ленок торможение роста и развития горчицы не превышало 1,5%.

Почва в севообороте (рис. 3а) через 30 и 140 дней после применения гербицида отличалась по фитотоксичности от аналогичного варианта в бесменном посеве льна. В поверхностных горизонтах (0-5 и 5-10 см) уровень фитотоксичности почвы был значительно выше. Снижение биомассы горчицы (через 30 дней) на известкованном фоне составляло 42,5 и 30%, а на фоне извести в зависимости от глубины отбора почвы — 27; 9; 14,5 и 11%. Спустя 140 дней после применения гербицида фитотоксичность почвы на фоне без извести была незначительной и вызывала снижение биомассы растений на 1%, а при известковании она — достаточно существенной и подавляла развитие растений на 20%.

Таким образом, в бесменных посевах льна через 30 дней после применения гербицида ленок в количестве 7 г/га по препарату сохранялась высокая фитотоксичность почвы в основном на фоне внесения извести. Применение минеральных и органоминеральных удобрений не оказывало существенного влияния на ее фитотоксичность. Высокий уровень фитотоксичности характерен и для почвы, где не применяли известь и удобрения (контроль). При выращивании растений на этой почве отмечалось 50% снижение их биомассы.

Через 140 дней после внесения гербицида высокой фитотоксичностью обладала почва, отобранная в бесменном посеве льна в контрольном варианте и в варианте, где вносили органоминеральные удобрения и известь (ингибирование развития растений соответственно на 40 и 50%).

В образцах почвы, отобранных весной 2003г. (табл. 5), т.е. спустя 340 дней, ингибирующее действие остаточных количеств гербицида ленок проявилось в вариантах на фоне известкования без удобрений в бесменном посеве и при внесении NPK в севообороте, но оно не превышало 13%, что соответствовало 0,120 мг/кг. В остальных вариантах накопление биомассы горчицы было выше, чем

Таблица 5

Накопление биомассы тест-растений горчицы белой, %. Весна 2003 г. (спустя 340 дней после внесения гербицида)

Вариант опыта	Без извести	По извести
<i>Лен (бесменно)</i>		
Без удобрений	+33,7	12,8
NPK	+551,1	+159,3
NPK+навоз	+47,6	+39,5
<i>Лен (в севообороте)</i>		
NPK	+4,6	12,7

Примечание. «+» — нарастание биомассы в вариантах по сравнению с контролем.

в контроле. Это указывает на отсутствие последствий препарата ленок на развитие горчицы спустя год после его внесения.

Заключение

Результаты полевых исследований динамики содержания остатков хлорсульфуона (д.в. гербицида ленок) в профиле дерново-подзолистой почвы характеризуют этот препарат как низко- и среднеперсистентный ($T_{50} = 3\sim 14$ сут, $T_{90} = 11\sim 19$ сут). В засушливых условиях 2002 г. остатки хлорсульфуона были обнаружены на глубине до 15 см, что характеризует его как подвижное соединение в условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы.

При внесении гербицидов на основе хлорсульфуона в посевах льна активность ризосферной микрофлоры снижается, особенно на неудобренном фоне без известкования.

Экспериментально установлено, что необходима корректировка существующих регламентов применения гербицида ленок в посевах льна с учетом длительности сохранения его остатков в почве в зависимости от севооборота, вносимых удобрений и известкования. Этот подход позволит снизить вероятность отрицательного последствия от хлорсульфуонсодержащих гербицидов на высокочувствительные культуры севооборота. Наименьший уровень фитотоксичности остатков гербицида ленок при применении в дозе 7 г/га на посе-

вах льна установлен при его бесменном возделывании на фоне внесения 100N150P120K без известкования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гулидов А.М. О последствии гербицидов. — Защита и карантин растений. 2003, № 2, с 25-26. — 2. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Метод льяных полотен. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. — 3. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. — 4. Макеева-Гурьянова Л.Т., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Сульфониламочевины — новые перспективные гербициды (обзорная информация). М.: ВНИИТЭАгропром, 1989. — 5. Матюхин А.П., Захарова Л.М. и др. Рекомендации по применению гербицидов на льне-долгунце. М., 2001, с. 205-212. — 6. Матюк Н.С., Баздырев Г.И. и др. Указатель полевых опытов. М.: Изд-во МСХА, 2001, с. 6-8. — 7. Методические указания по определению остатков глина (хлорсульфуона) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Колос, 1992, т. 1, с. 426-434. — 8. Руководство по поиску и отбору гербицидов в условиях вегетационного и полевого опытов, исследованию характеристик их поведения в почве и других объектах окружающей среды. М.: Колос, 1991, с. 54-80. — 9. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Изд-во Агрорус, 2002. — 10. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Экологические аспекты сельскохозяйственного применения сульфониламочевинных гербицидов. — Агрохимия, 2002, № 1, с. 53-67. — 11. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Гербициды и окружающая среда. — Агрохимия, 2000, № 1, с. 37-41.

Статья поступила

2 марта 2004 г.

SUMMARY

At field experimental station of Moscow Agricultural Academy behaviour of goldilocks herbicide (active substance chlorsulphuron, 79%) applied in dose 7 g/ha by preparation was studied in prolonged field experiment in non-changed seedings of fibre-flax (*Linum sp/s*) and in crop rotation. Content of residues of chlorsulphuron in profile of soddy-podzolic soil and effect of liming, mineral and organic fertilizers on its disintegration rate were identified. By bioindication method [on test-plants-white mustard (*Sinapis alba*) and jointed charlock (*Raphanus sp.*)] level of soil phytotoxicity in different variations of the experiment before and after harvesting flax yield was set. Activity of cellulose destructing microorganisms of soil microflora (according to level of destructing flax tissue) in different versions of the experiment differing by wide range of pH, content of organic substance, as well as by application of organic-mineral fertilizers has been studied.