

УДК: 633.521:632.51; 632.954

ДИНАМИКА РАЗЛОЖЕНИЯ ХЛОРСУЛЬFUРОНА В ПОЧВЕ

Л.М. Поддымкина, Российский государственный аграрный университет —
Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева

Уровень гербицидной активности сульфонилмочевинных препаратов широко варьирует в зависимости от физико-химических свойств почвы, погодных условий, биологических особенностей сорных растений и т.п. Для контроля за состоянием агроландшафтов и решения мониторинговых задач используют методы оценки ожидаемых отрицательных последствий от применения гербицида. В наших исследованиях получены данные по поведению и уровню остаточного последствия хлорсульфуронсодержащего гербицида Ленок (7 г/га) на посевах льна-долгунца. Обработку Ленком проводили при высоте растений льна 8–12 см. Варианты опыта были следующими: А — без извести, в т.ч. А-1 — NPK, севооборот; А-2 — без удобрений, бессменный; А-3 — NPK + навоз, бессменный; А-4 — NPK, бессменный; Б — на фоне известкования, в т.ч. Б-1 — NPK, севооборот; Б-2 — без удобрений, бессменный; Б-3 — NPK + навоз, бессменный; Б-4 — NPK, бессменный.

В 2002 г. установлено (метод ВЭЖХ), что хлорсульфурон полностью разлагался в течение первых 30 сут. после внесения независимо от применения удобрений и извести как при возделывании культуры в севообороте, так и в бессменном посеве (табл. 1). Однако приемы возделывания культуры отразились на динамике метаболизма в первые 15 дн. после внесения гербицида. Так, спустя 7 дн. после обработки льна-долгунца наибольшее количество хлорсульфурона обнаружено в пахотном горизонте в бессменном посеве как на известкованном, так и на неизвесткованном фонах. Его содержание колебалось от 40 до 45 мг/кг без внесения извести и от 56 до 68 мг/кг при ее внесении. Применение навоза совместно с NPK ускоряло распад хлорсульфурона до нетоксичных метаболитов. Об этом свидетельствует более низкое его содержание в дерново-подзолистой почве (соответственно 20 и 16 мг/кг на известкованном и неизвесткованном фонах). На фоне NPK при возделывании льна-долгунца в севообороте разложение хлорсульфурона происходило значительно быстрее, чем в аналогичных условиях при бессменном возделывании культуры. Это отмечено как на фоне извести, так и без нее.

Таблица 1. Влияние удобрений и известкования на содержание остатков хлорсульфурона в пахотном слое (2002 г.)

Вариант	Остатки, мг/кг			Показатели поведения			
	7 сут.	15 сут.	30 сут.	к, сут ⁻¹	T ₅₀ , сут.	T ₉₀ , сут.	ЭН (x 10 ⁻⁴)
А-1	13	5	0	0,0820	8	28	0,080
А-2	45	16	0	0,0647	11	36	0,101
А-3	20	1	0	0,0930	7	24	0,071
А-4	40	9	0	0,0703	10	33	0,093
Б-1	36	8	0	0,0719	10	32	0,091
Б-2	68	16	0	0,0622	13	38	0,105
Б-3	16	1	0	0,0944	7	25	0,070
Б-4	56	8	0	0,0693	10	33	0,095

Следовательно, процесс разрушения хлорсульфурона в севообороте идет значительно быстрее. Так, на фоне известкования спустя 7 дн. после применения гербицида, содержание хлорсульфурона в почве в севообороте было равным 36 мг/кг, а при бессменном возделывании — 56 мг/кг. Аналогичные результаты получены и на известкованном фоне (13 и 40 мг/кг соответственно).

Спустя 15 дней после обработки льна-долгунца гербицидом содержание хлорсульфурона в почве значительно снизилось. Наименьшим оно было в варианте с внесением NPK и навоза при бессменном возделывании культуры. Причем как на фоне извести, так и без нее оно было одинаковым (1 мг/кг). Несколько выше были остатки хлорсульфурона на фоне NPK в севообороте и при бессменном возделывании культуры. При этом внесение извести не оказало существенного влияния на процесс разложения гербицида. Наименьшая скорость распада отмечена в почве бессменного возделывания культуры.

Период полураспада (T₅₀) был наименьшим (7 сут.) в варианте с минеральными и органическими удобрениями, при этом он не зависел от применения извести. Известкование также не повлияло на период полураспада хлорсульфурона при внесении NPK при бессменной культуре льна-долгунца. Несколько выше он был при бессменном возделывании льна-долгунца на известкованном фоне. Аналогичная закономерность отмечена при определении T₉₀ как на известкованном, так и на неизвесткованном фонах.

ЭН была наибольшей в почве при бессменном возделывании льна-долгунца. Внесение извести практически не повлияло на этот показатель, по-видимому, это связано с тем, что известкование проводили за 6 лет (1996 г.) до отбора почвенных образцов и почва была слабокислой на обоих фонах.

В 2003 г. получены результаты, несколько отличающиеся от предыдущих (табл. 2). Остатки хлорсульфурона в почве всех вариантов опыта методом ВЭЖХ на неизвесткованном фоне не обнаружены. При внесении извести остатки хлорсульфурона в зависимости от используемых приемов выращивания культуры составляли 1,2–5,0 мг/кг.

Наименьшее количество хлорсульфурона обнаружено при возделывании льна-долгунца в севообороте без внесения удобрений и при внесении органоминеральных удобрений соответственно. Минимальная скорость распада отмечена при бессменном возделывании льна-долгунца без удобрений и при внесении NPK. В этих же вариантах выявлена и наибольшая нагрузка (ЭН=0,139 и ЭН=0,145).

Внесение органоминеральных удобрений способствовало более интенсивному метаболизму хлорсульфурона в дерново-подзолистой почве при бессменной культуре льна-долгунца, а внесение одних минеральных удобрений, наоборот, несколько замедляло распад гербицида.

Результаты определения остатков хлорсульфурона в дерново-подзолистой почве в течение двух лет оказались не похожими, возможно, это связано с различными погодными условиями в период вегетации льна-долгунца в эти годы. Однако колебания в периоде полураспада (T₅₀) хлорсульфурона не столь существенны, они не превышают 1–2 сут. Более существенные различия получены при определении T₉₀ для хлорсульфурона. В 2003 г. значения T₉₀ были больше, чем в 2002 г. Так, практически полное отсутствие остатков хлорсульфурона в почве в 2003 г. в вариантах А-1 и Б-1 выявлено через 33 и 39 сут., а в 2002 г. — через 28 и 32 сут. При бессменном возделывании льна-долгунца и внесении NPK на фоне без извести T₉₀=29 сут., при известковании T₉₀=51 сут. в 2002 г. Это указывает на необходимость учета погодных условий при определении скорости распада гербицидов в почве и, прежде всего, гидротермического коэффициента (ГТК). На зависимость скорости распада гербицидов, а также инсектофунгицидов от почвенно-климатических условий указывают в своих исследованиях Соколов (1981), Васильев и др. (1983).

Таблица 2. Влияние удобрений и известкования на содержание остатков хлорсульфурана в пахотном слое, мг/кг (2003 г.)

Вариант	Остатки, мг/кг			Показатели поведения			
	7 сут.	15 сут.	30 сут.	k, сут ⁻¹	T ₅₀ , сут.	T ₉₀ , сут.	ЭН (x 10 ⁻⁴)
A-1	42,4	28,8	0	0,0696	10	33	0,094
A-2	14,4	0	0	0,0789	9	29	0,083
A-3	17,8	0	0	0,0764	9	30	0,086
A-4	18,6	7,6	0	0,0750	9	31	0,088
Б-1	15,3	13,6	0	0,0811	9	28	0,081
Б-2	7,6	0	0	0,0866	8	27	0,076
Б-3	32,2	29,6	2,8	0,0594	12	39	0,110
Б-4	46,6	23,7	5	0,0471	15	49	0,139
A-1	23,7	28	2,8	0,0630	11	37	0,104
A-2	78,8	30,5	3,6	0,0453	15	51	0,145
A-3	48,3	8,5	1,2	0,0643	11	36	0,102
A-4	13,6	4,2	1,7	0,0742	9	31	0,088

Во второй год исследований (табл. 2) было установлено, что только для вариантов без применения извести к моменту 30 сут. экспозиции после применения гербицида остатки хлорсульфурана были ниже чувствительности метода ВЭЖХ. По-видимому, это связано с более холодными погодными условиями года исследований. Эти данные подтвердили факт повышения уровня персистентности хлорсульфурана во всех вариантах опыта с применением известкования. Интересно, что на фоне известкования применение гербицида в схеме севооборота заметно снижает уровень персистентности его остатков по сравнению с вариантом монокультуры, что можно объяснить накоплением токсичных остатков гербицида. Снизить такой отрицательный эффект можно при совместном применении минеральных и органических удобрений.

Общей тенденцией для этих двух лет является снижение остатков гербицида в почве при внесении навоза совместно с минеральными удобрениями. Следовательно, внося органические и минеральные удобрения можно ускорить распад хлорсульфурана и снизить риск повреждения последующих культур севооборота.

Рассмотрим распределение хлорсульфурана по профилю почвы. При бессменной культуре льна-долгунца

хлорсульфуран, в основном, локализуется в поверхностном (0—5 см) слое почвы и лишь незначительное его количество обнаруживается на глубине 5—10 см. Только в одном варианте (внесение органических и минеральных удобрений на фоне извести) спустя 30 сут. после применения гербицида до 8% от внесенного его количества найдено на глубине 10—15 см. В образцах почвы, отобранных с глубины 15—20 см и ниже во всех вариантах опыта, остатки гербицида не были найдены ни в один год проведения исследований. В образцах почвы, взятых в вариантах с севооборотом, в первые 7 сут. основное количество хлорсульфурана находилось в поверхностном (0—5 см) слое почвы и лишь незначительное количество выявлено на глубине 5—10 см. Через 19 сут. после применения гербицида содержание его заметно снижалось в этих слоях почвы и незначительное количество найдено на глубине 10—15 см. Спустя 30 сут. наблюдалось дальнейшее уменьшение его количества во всех слоях почвы. Причем в почве ряда вариантов хлорсульфуран полностью исчезал из поверхностного слоя и обнаруживался в незначительных количествах в слоях почвы 5—10 и 10—15 см.

Таким образом, полученные результаты показывают, что применение Ленка (7 г/га) на дерново-подзолистой почве не представляет опасности для многих культур севооборота, т.к. уже через 30 сут. после его применения он локализуется в основном в слое почвы 10—15 см и его содержание не превышает 2—5% от внесенного количества. При бессменной культуре льна-долгунца остатки хлорсульфурана спустя 30 сут. обнаружены в незначительном количестве (1—2% от внесенного) в основном в поверхностном (0—5 см) слое. Следовательно, распределение хлорсульфурана по профилю почвы было различным при его применении в севообороте и бессменной культуре льна-долгунца. Данные 2002 и 2003 гг. демонстрируют, что остатки хлорсульфурана в основном распределяются в верхнем (0—5 см) слое почвы. Внесение извести повышает уровень персистентности хлорсульфурана во всех слоях почвенного профиля. В более влажный 2003 г. гербицид проникает в более глубокие слои 5—10 и 10—15 см. Особенно это заметно в вариантах севооборота, что, по-видимому, может быть объяснено перемещением почвенных слоев при пахоте и поэтому затем более однородными свойствами почвы (например, плотность, порозность и пр.), что способствует и более однородному распределению остатков гербицида. [27]