

УДК 631.6.02.632.51

ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ PROBLEMS AND POSSIBILITIES OF THE MINIMUM TILL DURING THE PROLONGED APPLICATION

Г.И. Баздырев, Российский государственный аграрный университет — Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева, 127550 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел. (495) 976-04-80, e-mail: info@timacad.ru
G.I. Bazdyrev, RGAU — MSHA named after K.A. Timiryazev, 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya st., 49, tel. (495) 976-04-80, e-mail: info@timacad.ru

Результаты 30-летних исследований (1978—2007) по изучению минимализации обработки дерново-подзолистых почв показали, что она возможна только при высокой культуре земледелия, совершенствовании ее систем, при обязательной оценке пригодности почвы к минимализации. Период минимализации в севообороте не должен превышать трех лет подряд. Одновременно при минимализации создаются проблемы ухудшения фитосанитарного состояния посевов и почвы, ускоряется дифференциация пахотного слоя, пестициды угнетают микробиологическую деятельность, водный режим в засушливые годы ухудшается, эрозионные процессы не устраняются, охрана окружающей среды не улучшается.

Ключевые слова: минимализация, агротехнологии, эрозия, фитосанитарное состояние, вредоносность, дифференциация, эффективность, урожайность.

The results of 30-years researches (1978—2007) on studying of the minimum till on sod-podzolic soils have shown that it is possible only at a high standard of farming, perfection of its systems, at an obligatory estimation of suitability soils to the minimum till. The period of minimization in the crop rotation should not exceed three years in succession. Simultaneously at minimum till problems of deterioration phytosanitary state of crops and soils are created, the differentiation of an arable layer is accelerated, pesticides oppress microbiological activity, the water mode in droughty years is worsened, erosive processes are not eliminated, and environmental preservation is not improved.

Key words: minimization, agrotechnologies, erosion, sod-podzolic soils, phytosanitary state, environmental protection.

Повышение плодородия почвы, охрана ее от эрозии и деградации, предотвращение ухудшения качества окружающей среды, улучшение экологии агроландшафтов — основополагающее стратегическое направление в современном земледелии [8, 14, 16]. Приоритет отдается ресурсо- и энергосберегающим технологиям и, в первую очередь, минимализации обработки почвы. Дискуссии «пахать или не пахать» зачастую грешат односторонностью. Так, проводится единовременная замена вспашки поверхностными обработками в течение 1–2 лет, а на основании полученных результатов делаются выводы о существенном экономическом эффекте по затратам. Комплексной оценки минимализации не проводится. Однако в последующем проявляются серьезные недостатки минимализации. Например, иногда рекомендуются технологии, используемые за рубежом. Уместно вспомнить слова К. А. Тимирязева: «Нигде, быть может, ни в какой другой деятельности не требуется взвешивать столько разнообразных условий успеха, нигде не требуется таких многосторонних сведений, нигде увлечение односторонней точки зрения не может привести к такой крупной неудаче, как в земледелии» [17]. Многие ученые подчеркивали, что земледелие было, есть и будет местным, т.е. что хорошо в одних регионах и странах, необязательно будет хорошо в других.

Цель и задачи исследований — выявить положительные и отрицательные стороны минимализации обработки почвы, изучить влияние многолетнего применения почвозащитных технологий, севооборота, удобрений, систем гербицидов на эрозионные процессы, содержание гумуса, фитосанитарное состояние, фитотоксичность почвы, микробиологическую активность почвы, энтомологическую и фитопатологическую оценку и урожай культур.

Исследования проводили в длительном стационарном полевом 2-факторном (4×5) опыте, заложенном в 1977 г. по предложению проф. Б.А. Доспехова на опытном поле Почвенно-агрономической станции им. В.Р. Вильямса Подольского района Московской обл. Опыт заложен в 4-польном полевом зернотравяном почвозащитном севообороте: ячмень с подсевом многолетних трав — многолетние травы первого года пользования — озимая пшеница, 4 — овес. Опыт заложен на участке с односторонним южным склоном 3,0—3,5°.

Схема опыта включала следующие варианты:

Обработка почвы (фактор А): 1 — вспашка (контроль), 2 — сочетание вспашки с плоскорезом, 3 — плоскорезная, 4 — минимальная. Все обработки и посев культур проводили поперек склона: вспашка — 20—22 см, плоскорезная 25—27 см, минимальная (лушение) — 6—8 см.

— Система гербицидов (фактор В): 1 — без гербицидов, 2 — насыщение 25% (в первом поле севооборота), 3 — 50% (в двух полях), 4 — 75% (в трех полях), 5 — 100% (в четырех полях). Система гербицидов включала как широко применяемые, так и новые перспективные препараты: 2,4-Д, 2М-4Х, Симазин, Диален, Лонтрел, Ковбой, Дифезан, Фенфиз в рекомендованных дозах.

Минеральные удобрения вносили общим фоном на планируемую урожайность, органические — 40 т/га за ротацию.

Все учеты и анализы выполняли по соответствующим ГОСТ и методикам, принятым в научных учреждениях. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа для многофакторных полевых и вегетационных опытов.

Установлено, что длительное изучение минимализации и поверхностных обработок в опыте не подтвердило положительный эффект почвозащиты. Минимализация не обеспечивала необходимого разуплотнения пахотного слоя. По сравнению со вспашкой при минимализации усиливался поверхностный сток при отсутствии внутрпочвенного, а также смыв почвы. По усредненным данным, запасы воды перед снеготаянием составляли 75—80 мм, коэффициент стока — 0,30. Смыв почвы также колебался в больших пределах по вспашке со щелеванием: в среднем в год потери почвы составляли от 72 до 233 кг/га, а по минимальным обработкам — от 116 до 456 кг/га.

Следовательно, минимальные и поверхностные обработки не могут служить надежным почвозащитным приемом. Это нашло подтверждение в исследованиях Российского института земледелия и защиты почв от эрозии, Почвенного института им. В.В. Докучаева, других учреждений.

В результате длительного применения почвозащитного севооборота с многолетними травами, почвозащитных технологий обработки почвы, гербицидов, органических и минеральных удобрений произошли существенные изменения как общего запаса гумуса, так и его содержания по

слоям пахотного и подпахотного горизонтов. Содержание гумуса в 1978 г. в исходных образцах не превышало 1,4%, а в последующие годы содержание гумуса увеличилось до 1,63–2,04% за счет накопления и распределения корневых и пожнивных остатков возделываемых культур.

Так, на полях с применением безотвальных обработок за 30-летний период отмечалось увеличение массы гумуса в верхних слоях на 10–15% (табл. 1). Применение гербицидов, наоборот, вызвало снижение содержания гумуса из-за уменьшения поступления в почву органических остатков, связанного с уменьшением массы сорняков.

Вариант	Насыщение гербицидами, %	Исходный образец (1978 г.)	1981 г.	1990 г.	1997 г.	2005 г.
Вспашка (контроль)	0	18,3	21,8	25,9	25,2	26,1
	50		21,8	26,1	24,3	23,1
	100		22,7	25,1	24,0	22,0
Плоскорезная обработка	0	18,9	22,7	27,5	26,0	26,0
	50		22,0	26,9	25,2	24,1
	100		22,4	27,2	25,4	23,2
Минимальная обработка	0	18,0	21,5	25,9	25,1	25,1
	50		21,5	25,5	24,2	24,2
	100		21,6	26,8	22,7	21,5

Многочисленные исследования минимальных приемов обработки почвы сопровождаются увеличением обилия сорных растений [3, 10, 11, 16]. За 30-летний период флористический состав сорных растений и прогноз их появления коррелировали с запасом всхожих семян.

Исходная потенциальная засоренность почвы семенами не превышала 216–250 млн шт/га. Через одну ротацию севооборота этот показатель увеличился более чем в 2 раза. Существенное влияние оказали приемы обработки почвы и особенно в слое 0–10 см. Если при использовании обычной обработки запас семян составил 395 млн шт/га, плоскорезной — 745 млн, то минимальной — 606 млн шт/га. Резкое увеличение потенциальной засоренности можно объяснить улучшением роста и развития сорняков за счет внесения минеральных и органических удобрений и размещением семян по профилю пахотного слоя.

Фактическая засоренность в среднем за первые 3 ротации севооборота при обычной обработке составила 179 шт/м², плоскорезной — 259, а минимальной — 248 шт/м², что во много раз превышает ЭПВ. При минимализации в структуре сорнякового ценоза возрастала доля злостных многолетних видов (бодяк полевой, пырей ползучий, осот желтый). Минимализация изменяла экологические условия произрастания этих сорняков, а уровень засоренности в 10–20 раз превышал ЭПВ [4, 5, 10].

Даже при хорошем развитии культурных растений сорняки поглощают значительное количество питательных веществ из почвы и удобрений. На фоне высококонкурентной озимой пшеницы вынос культурой питательных веществ в фазе кущения составил 70,8 кг/га, а сорняками — 7,2, в фазе цветения 183,6 и 115,4 и молочной спелости — 137,3 и 154,7 кг/га соответственно.

Общие потери зерна от сорняков в опыте в зависимости от технологии обработки составили 0,8–1,1 т/га при максимуме при использовании плоскорезной и минимальной обработок. Снижение урожайности сохранялась в течение всего периода вегетации. Прополка была необходимой и тем эффективнее, чем раньше ее проводили (табл. 2) [3, 4].

Почвозащитные поверхностные и плоскорезные обработки способствовали устойчивой тенденции к дифференцированному распределению и накоплению подвижного фосфора (58%) и доступного калия (62%). По вспашке в

этом слое накапливалось не более 50% питательных веществ. Поведение азота носило противоположный характер. Содержание нитратного азота по плоскорезной обработке на 14,1% и минимальной — на 11,9% было ниже, по сравнению с обычной обработкой. Причиной этого может служить интенсивная иммобилизация азота при разложении растительных остатков на поверхности почвы.

Вариант	Численность сорняков, шт/м ²	Сухая масса сорняков, г/м ²	Урожайность, т/га
Обычная обработка почвы			
Контроль (без прополки)	80	50,3	2,04
Регулярные прополки (эталон)			3,45
Прополка в период полных всходов	183	5,5	3,39
Прополка в фазе кущения	156	15,1	3,07
Прополка в фазе трубкования	91	35,8	2,47
Минимализация обработки почвы			
Контроль (без прополки)	52	56,0	2,36
Регулярные прополки (эталон)			3,67
Прополка в период полных всходов	195	14,7	3,23
Прополка в фазе кущения	203	42,7	3,11
Прополка в фазе трубкования	54	47,4	2,43

По нашим данным, из общего количества растительных остатков зерновых и клевер лугового свыше 60% корневых остатков сосредоточено в слое 0–10 см. В посевах клевера лугового в слое почвы 0–40 см накапливалось до 5,32 т/га абсолютно сухой массы, в посевах озимой пшеницы — 3,61, а в посевах яровых зерновых — до 3,0 т/га.

В специальных исследованиях установлено количество корневых остатков сорных растений — от 0,4 до 0,6 т/га сухого вещества. Их распределение практически не отличалось от культурных растений.

Следовательно, минимализация способствует процессу дифференциации пахотного слоя по плодородию и ускоряет его.

При минимализации обработки применение гербицидов становится неотъемлемой частью технологии выращивания культур. Однако даже при этом возникает ряд нерешенных проблем — нежелательные сдвиги в сторону накопления устойчивых сорняков, недостаточная селективность, отсутствие необходимых поколений препаратов, длительная инактивация, отрицательные последствия гербицидов, загрязнение окружающей среды [1, 9, 10].

Нам принадлежит приоритет в разработке и освоении систем гербицидов в системе земледелия. Установлено, что добиться высокой биологической и хозяйственной эффективности гербицидов можно при комплексном применении всех элементов системы земледелия — севооборота, обработки почвы, удобрений, мелиоративных мероприятий и др. Разработанные системы гербицидов с насыщением севооборота до 50–100% показали наиболее высокую биологическую эффективность (табл. 3).

Наиболее целесообразна система гербицидов с 50%-м насыщением (обработки через год), при которой существенно уменьшается гербицидная нагрузка на почвенную биоту, снижаются объемы применения препаратов.

Системы гербицидов в сочетании с системой обработки позволяют влиять на процесс снижения потенциальной засоренности (табл. 4).

Использование минимальных технологий без гербицидов приводит к существенному повышению запаса семян сорняков в почве, существенному ухудшению ее фитосанитарного состояния.

Таблица 3. Эффективность системы гербицидов (%) в зависимости от системы обработки почвы				
Насыщение севооборота гербицидами, %	Первая ротация	Вторая ротация	Третья ротация	В среднем
Обычная обработка (НСП ₀₅ – 81 шт/м ²)				
0*	102	219	215	179
50	16	58	67	47
100	41	85	82	69
Плоскорезная (НСП ₀₅ – 50 шт/м ²)				
0*	125	326	327	259
50	31	58	69	53
100	39	73	84	65
Минимальная (НСП ₀₅ – 46 шт/м ²)				
0*	129	285	330	248
50	32	61	79	57
100	60	77	77	71

* Количество сорняков, шт/м²

Таблица 4. Влияние системы обработки почвы и гербицидов на потенциальную засоренность, млн шт семян/га*				
Система обработки почвы	Насыщение севооборота гербицидами, %			В среднем
	0	50	100	
Обычная	900/595	538/205	486/213	671/306
Плоскорезная	1346/745	860/504	706/443	901/620
Минимальная	1101/606	817/495	709/416	943/633
Среднее по системе гербицидов	1184/583	716/365	629/334	

* В числителе – в слое 0–30 см, в знаменателе – 0–10 см

Системы гербицидов в целом по опыту способствовали снижению потенциальной засоренности в 1,5–2 раза, которая зависела от системы обработки и степени насыщения севооборота гербицидами. Снижение потенциальной засоренности в слое 0–30 см по всем системам обработки при использовании гербицидов в двух полях – на 39,6, в четырех – на 46,9% соответственно.

Следовательно, в современных условиях с экологической стороны химические методы борьбы с сорняками необходимо рассматривать как звено системы земледелия, обеспечивающее повышение производительности земли, повышение ее плодородия, получение продукции хорошего качества с минимальной опасностью загрязнения окружающей среды.

Максимального эффекта от систем гербицидов при минимализации обработки почвы можно добиться при ежегодном их применении (гибель сорняков составила 70–75%). При применении систем гербицидов, основанных на препаратах последнего поколения (сочетание 2,4-Д и 2М-4Х с Симазином, Дикамбой, Лонтрелом, Диаленом, Фенфизом, Дифезаном, Ковбоем и препаратами на основе производных сульфонилмочевины) [4, 9, 10], ее эффективность равнялась 85–95%.

Растительные и пожнивные остатки при минимализации сосредотачиваются в слое почвы 0–10 см. В среднем, количество растительных остатков в севообороте составляло: при обычной обработке – 4,03 т/га, плоскорезной – 3,93, минимальной – 4,13 т/га. Количество корневых и пожнивных остатков сорных растений составляло 0,4–0,6 т/га сухого вещества в вариантах без применения гербицидов.

Минимализация обработки почвы в сочетании с системой гербицидов оказывает благоприятное влияние на показатели плодородия, в том числе и агрофизические (табл. 5).

Минимализация обработки почвы в сочетании с гербицидами заметно снижала численность бактерий и микроско-

пических грибов. Ингибирующее действие гербицидов усиливалось на минимальных обработках, что подтверждается изучением фитотоксичности, определяемой по развитию проростков тест-культур. В вариантах минимализации в сочетании с гербицидами длина корешков испытуемых растений уменьшалась на 44–46,5%.

Таблица 5. Влияние систем обработки на агрофизические показатели плодородия почвы						
Вариант	Запас влаги в почве, мм		Плотность, г/см ³ /пористость, %		Твердость, кг/см ²	Содержание водопрочных агрегатов, %
	0–20 см	0–100 см	0–20 см	20–40 см	0–20 см	0–20 см / 20–40 см
Обычная	43,5	277,0	1,38/47,3	1,48/42,8	20,0	44,6 / 38,0
Обычная + щелевание	44,2	281,7	1,37/46,8	1,48/43,0	19,3	48,3 / 39,7
Плоскорезная	42,5	285,8	1,38/46,6	1,50/42,3	23,2	50,2 / 35,4
Минимальная (лушение)	43,4	276,4	1,38/46,5	1,47/43,4	23,8	50,5 / 39,4

Минимальные технологии по-разному влияли на численность дождевых червей. На делянках с минимальной обработкой их количество было достоверно больше по сравнению с обычной. Систематическое применение гербицидов приводило к достоверному снижению количества червей (26 экз/м²) по сравнению с делянками без гербицидов или их применением эпизодически (38 и 33 экз/м²).

Все технологии минимализации обработки почвы создавали определенные трудности заделки органических удобрений и их необходимого расположения по профилю пахотного слоя. Следует отметить, что производится основное органическое удобрение резко снижается (прогноз – не более 70 млн т, т. е. 0,5 т/га). Замена навоза возможна при внесении измельченной соломы и возделывании сидеральных и промежуточных культур. Но при внесении соломы усиливается засоренность за счет поступления семян с полевой. При минимализации затруднена заделка сидератов и промежуточных культур при высоких урожаях их зеленой массы. При внесении соломы обязательно внесение азотных удобрений, что требует дополнительных затрат.

В результате многолетних исследований применение специализированного севооборота, различных технологий обработки почвы и систем гербицидов позволило получить планируемую урожайность зерновых (3,5–4 т/га).

Оценивая хозяйственную эффективность минимализации без гербицидов, отметим существенное снижение урожайности озимой пшеницы, ячменя, овса и их продуктивности в пределах 0,7–0,8 т корм. ед/га. Эффект от применяемых систем гербицидов был высоким и в зависимости от насыщения ими севооборота составлял по обычной обработке 7–17%, по обычной со щелеванием – 2–14, по плоскорезной – 6–13 и минимальной – 6–16%.

Полученные данные позволяют в значительной степени изменить стратегию и тактику применения гербицидов – открываются возможности экологизации и биологизации почвозащитного земледелия. Научно обоснованное применение систем гербицидов даже в специализированном зерновом севообороте позволяет отказаться от систематического (ежегодного) применения гербицидов, а использовать их через год с 50%-насыщением севооборота на обычной, обычной со щелеванием и плоскорезной обработках. На минимальной обработке требуется ежегодное применение гербицидов.

Расходы энергии на удобрения, обработку почвы, пестициды, транспорт составляют 80–90% общих затрат при возделывании культур. Принято считать, что на обработку уходит до 40% и более, а при минимализации эти затраты

сокращаются до 10–15 %. Одновременно возрастает доля затрат на пестициды до 25 %.

Экономическая эффективность минимализации по сравнению со вспашкой по себестоимости была ниже на 13,1–17,4 %, чистый доход увеличился на 88,7–98,2, рентабельность — на 48,9–52,3, производительность труда — на 32,1–37,5, а затраты снизились на 22,9–30,5% (при условии строгого соблюдения элементов системы земледелия, комплексной химизации, применения интегрированной защиты растений).

Таким образом, результаты 30-летних исследований (1978–2007 гг.) по изучению минимализации обработки надерново-подзолистых почвах показали, что применение энергоресурсосберегающих технологий возможно при строгом соблюдении элементов системы земледелия, комплексной химизации, интегрированной защиты расте-

ний в течение не более трех лет подряд в севообороте. Одновременно создаются проблемы ухудшения фитосанитарного состояния посевов и почвы — ускоряется дифференциация пахотного слоя, пестициды угнетают микробиологическую деятельность, энтомологическая деятельность сокращается, водный режим в засушливые годы ухудшается, эрозионные процессы не устраняются, состояние окружающей среды не улучшается. Минимализацию обработки почвы целесообразно проводить только при высокой культуре земледелия, совершенствовании ее систем при обязательной оценке и пригодности почвы к минимализации. Период минимализации механической обработки почвы в севообороте не должен превышать трех лет подряд, который должен прерываться глубокими обработками, т. е. системой научно-обоснованной разнотрубной обработкой почвы. ■

Литература

1. Актуальные вопросы борьбы с сорными растениями. М.: Колос, 1980.
2. Актуальные проблемы земледелия. М.: Колос, 1984.
3. Баздырев Г.И. Фитосанитарное состояние почвы в условиях интенсификации земледелия. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 3, с. 28–40.
4. Баздырев Г.И. Эффективность почвозащитных систем обработки почвы и гербицидов на склоновых землях. — Изв. ТСХА, 1989, вып. 3, с. 3–13.
5. Баздырев Г.И. Почвозащитным системам обработки почвы — эффективные системы гербицидов. Агро XXI, 1998, вып. 11, с. 3–5.
6. Березовский М.Я. Регулирование взаимодействия растений с гербицидами как основа повышения их эффективности. М.: Колос, 1966.
7. Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере. М.: РАСХН, 2004.
8. Жученко А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М.: Агротехиздат, 2004.
9. Захаренко В.А. Гербициды. М.: Агропромиздат, 1990.
10. Захаренко В.А. Современная защита растений и ее научное обеспечение. Агро XXI, 2003, вып. 1–6.
11. Земледелие на рубеже XXI века. М.: МСХА, 2003.
12. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков. Минск, Белорусская наука, 2005.
13. Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. М.: РАСХН, 2004.
14. Международная научно-практическая конференция «Агротехнологии XXI века». М.: МСХА, 2007.
15. Почвозащитное земледелие на склонах. М.: Колос, 1983.
16. Проблемы интенсификации и экологизации земледелия России. М.: РАСХН, 2006.
17. Тимирязев и биологическая наука. Сборник научных трудов. М.: МСХА, 1994.
18. Шпаар Д. и др. Научные основы снижения норм гербицидов при использовании технологий дифференцированного прецизионного внесения развитых стран Европы. Агро XXI, 2003, вып. 1–6.
19. Arnold J. Effects of density and duration of competition of wild buckwheat spiny weed in pot culture. Proc. Noth Centr., 1987.
20. Junter Kahut Biologischer Pflanzenbau Möglichkeiten und Grenzen biologischer Aubauesysteme. — Eugen Ulemer Jmb.H. 2006.