

УДК 631.51

## ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Г.И. БАЗДЫРЕВ, И.А. ЗАВЕРТКИН

(Кафедра земледелия и МОД)

**В результате 30-летних исследований минимализации обработки почвы в длительном стационарном опыте установлено: создаются проблемы ухудшения фитосанитарного состояния посевов и почвы, ускоряется дифференциация пахотных слоев по плодородию, пестициды угнетают микробиологическую и энтомологическую деятельность, водный режим в засушливые годы ухудшается, эрозионные процессы не устраняются, условия окружающей среды не улучшаются. Минимализация обработки почвы возможна при высокой культуре земледелия и пригодности почв к минимализации; период минимализации в севообороте не должен быть более 3 лет подряд при условии комплексной химизации и интегрированной защиты растений.**

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 в этих направлениях отдается ресурс- и энергосберегающим технологиям и в первую очередь минимализации обработки почвы. Дискуссии и дебаты «пахать или не пахать», которыми пестрят заголовки статей журналов, монографии, рекомендации, имеют существенные недостатки. Проводится единовременная замена вспашки поверхностными обработками в течение 1–2 лет, чем достигается существенное уменьшение затрат. Комплексная оценка минимализации не проводится, а в последующем проявляются серьезные ее недостатки. Среди недостатков этой технологии следует отметить: ухудшение фитосанитарного потенциала посевов и почвы; увеличение расходов на защиту растений; изменение структуры затрат на производство урожая; сложности в

технологии применения минеральных и органических удобрений; возделывание пропашных с возможной стабилизацией урожайности культур и самое главное — периодичность возврата минимальных обработок к глубоким отвальным и пригодность почв к минимализации [1, 5, 11]. Иногда рекомендуются технологии, выполненные 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-земледельцы подчеркивали, что земледелие было, есть и будет местным, т.е. что хорошо в одних регионах и странах, необязательно будет хорошо в других. В настоящее время исследований по длительному применению минимализации обработки в длительных многофакторных экспериментах недостаточно. В данной статье приводятся резуль-

таты исследований почвозащитных ресурсосберегающих технологий обработки почвы в течение 30 лет, в т.ч. минимализации обработки почвы.

Возможность минимализации определяется рядом положительных сторон: экономия времени, рабочей силы, топлива, денежных средств, улучшение водного режима, сохранение органического вещества, уменьшение риска эрозии, улучшение агрофизических, биологических и агрохимических показателей плодородия почвы и др. [3, 16, 18].

Проф. Б.А. Доспехов — один из основоположников изучения минимализации обработки почвы. Главное, что характеризует методологию и методические подходы научных взглядов Б.А. Доспехова — системность и целостность при изучении сложных проблем общего земледелия. Реализацию основных принципов земледелия он видел в закладке длительных многофакторных стационарных экспериментов, в т.ч. по минимализации обработки почвы на равнинных и склоновых землях [14, 15, 20].

Целью данных исследований было выявить положительные и отрицательные стороны минимализации обработки почвы, изучить влияющие многолетние применения почвозащитных технологий, севооборота, удобрений, систем гербицидов на эрозионные процессы, содержание гумуса, фитосанитарное состояние, фитотоксичность почвы, микробиологическую активность почвы, энтомологическую оценку и урожай культуры.

### Методика

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 имени В.Р. Вильямса Подольского района Московской обл. Опыт заложен в 4-польном полевом зерно-травяном почвозащитном севообороте: 1 — ячмень с подсевом мно-

голетних трав, 2 — многолетние травы 1-го г.п., 3 — озимая пшеница, 4 — овес. Опыт заложен на участке с односторонним южным склоном 3,0–3,5°.

*Схема опыта.* 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 — насыщение 0% (без гербицидов), 2 — 25% (в 1-м поле севооборота), 3 — 50% (в 2 полях севооборота), 4 — 75% (в 3 полях), 5 — 100% (в 4 полях). Система гербицидов включала как широко применяемые гербициды, так и новые перспективные препараты: 2,4-Д, 2М-4Х, симазин, диален, лонтрел, ковбой, дифезан, фенфиз и др. в рекомендованных дозах.

Минеральные удобрения в опыте вносили общим фоном на планируемую урожайность, органические — в норме 40 т/га за ротацию. Все учеты и анализы выполняли по соответствующим ГОСТам и методикам, принятым в научных учреждениях. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа для многофакторных полевых и вегетационных опытов.

### Результаты исследований

#### *Влияние изменений и колебаний метеорологических условий на эффективность приемов обработки почвы*

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований в основном были типичными для Нечерноземной зоны, но иногда с существенными отклонениями по количеству осадков и температурному режиму, особенно при оценке всего периода. Анализ данных средних годовых температуры и обилия осадков последнего 30-летнего периода Михайловского агрометеопоста «Голохвастово»,

расположенного вблизи опыта, показывает устойчивую тенденцию к потеплению климата. Отмечается повышение среднегодовой температуры по отношению к климатической норме более чем на  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Данные о среднем количестве осадков за 30-летний период показывают устойчивую тенденцию уменьшения количества осадков в период июль – август, что для многих полевых культур является критическим.

Проведенная оценка увлажнения основного вегетационного цикла с.-х. культур по ГТК Селянинова показывает нарастающую тенденцию засушливости с начала 1990 г. в целом и второй половины периода вегетации особенно. Если в начале ведения опыта общие условия за период превышали климатическую норму и были влажными (1,52), а число засушливых месяцев ( $\text{ГТК} < 1$ ) июля – августа составило всего 3, то в 1990 г. их количество достигло 8, а с начала 2000 г. — уже 7, из них 4 — как очень засушливые ( $\text{ГТК} < 0,7$ ). За последние 15 лет ГТК за эти месяцы при норме 1,46 достигло уровня 1,21. Это подтверждается динамикой урожайности культур по ротациям севооборота (см. табл. 7).

Многочисленными исследованиями [2, 15, 18] показано, что эффективность приемов обработки зависит от ее глубины. При всех равных условиях минимальные обработки в засушливых условиях существенно уступают глубоким. Изменяется ход накопления и расхода воды.

#### *Минимализация обработки почвы как фактор регулирования эрозийных процессов*

Различные приемы по глубине и способам обработки формируют неодинаковое строение почвенного профиля, особенно поверхности пахотного слоя, оказывающего существенное и разностороннее влияние на характер и интенсивность проявления процессов эрозии. Длительное изучение ми-

нимализации и поверхностных обработок в опыте не подтвердило положительный эффект почвозащиты. Минимализация не обеспечивает необходимого разуплотнения пахотного слоя. По сравнению со вспашкой при минимализации усиливается поверхностный сток при отсутствии внутрисочвенного стока. При минимализации усиливается смыв почвы. По усредненным данным за годы исследований запасы воды перед снеготаянием составляли 75–80 мм, коэффициент стока в среднем был 0,30, с колебанием на обычной вспашке со щелеванием от 0,24 до 0,33 при минимализации. Смыв почвы также колебался в больших пределах по вспашке со щелеванием: в среднем за год потери почвы составляли от 72 до 233 кг с 1 га, а по минимальным обработкам — от 116 до 456 кг с 1 га.

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

#### *Влияние минимальных обработок почвы и гербицидов на содержание органического вещества*

В науке и практике считается, что главным фактором плодородия почвы является активность трансформации органического вещества и постоянное воспроизводство гумуса [2, 11, 13, 19].

Проблемы теоретического и экспериментального обоснования многогранного значения органического вещества почвы в современной земледелии не утрачивают своего значения, а наоборот, становятся важнейшим фактором изучения и определения его роли в почвозащитном земледелии. В результате длительного применения почвозащитного севооборота с многолетними травами, почвозащитных техноло-

гий 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 наблюдается рост содержания гумуса до 1,63–2,04%. Это связано с различием в накоплении и распреде-

лении корневых и пожнивных остатков возделываемых культур.

Так, на делянках с применением безотвальных обработок за 30-летний период отмечается увеличение массы гумуса в верхних слоях на 10–15% (табл. 1). Применение гербицидов, наоборот, вызвало снижение содержания гумуса, что связано с уменьшением поступления в почву органических остатков в связи с гибелью сорняков.

Таблица 1

**Влияние технологий обработки почвы и насыщения гербицидами на содержание гумуса в слое 0–20 см, т/га**

Способ обработки почвы	Насыщение гербицидом, %	Исходный образец (1978)	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	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	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

*Минимализация обработки почвы как фактор формирования агрофитоценозов*

Многочисленные исследования минимальных приемов обработки почвы сопровождаются увеличением обилия сорных растений [3, 10, 11, 16]. Результаты 30-летних исследований формирования флористического состава сорных растений и прогноза их появления коррелируют с запасом всхожих семян. Коэффициент корреляции изменяется от 0,32 до 0,96. Это можно объяснить влиянием факторов интенсификации, условиями выращивания культур, складывающимися метеорологическими условиями.

Исходная потенциальная засоренность не превышала 216–250 млн шт. семян на 1 га. Через одну ротацию севооборота произошло существенное увеличение потенциальной засоренности, более чем в 2 раза. Существен-

ное влияние оказали приемы обработки и особенно в слое 0–10 см: по обычной обработке запас семян составил 395, по плоскорезной — 745, минимальной — 606 млн шт. на 1 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 три ротации севооборота по обычной обработке составила 179, по плоскорезной — 259 и минимальной — 248 шт/м<sup>2</sup>, что в десятки раз превышает экономические пороги вредоносности. При минимализации в структуре агрофитоценоза возрастает доля злостных многолетних сорняков. Увеличивается численность бодяка полевого, пырея ползучего, осота желтого и др. Среди малолетних получают преимущества виды, обладающие

высокой конкурентной способностью. Минимализация изменяет экологические условия произрастания сорных растений. Они появляются намного раньше, интенсивно вегетируют, вредоносность и агрессивность сорняков возрастает. Уровень засоренности в 10–20 раз превышает экономические пороги вредоносности [4, 5, 10].

*Вредоносность сорных растений при минимализации обработки почвы*

Сорные растения в результате конкуренции с культурными растениями могут в значительной степени влиять на баланс элементов питания, физические свойства почвы, водно-воздушный, тепловой и световой режимы агрофитоценоза, т.е. на эффективное плодородие [3, 4, 5, 10].

В наших опытах вынос элементов питания сорняками иногда превышает вынос культурными растениями. Даже при хорошем развитии культурных растений сорняки поглощают значительное количество питательных веществ из почвы и удобрений. На фоне высоко конкурентной озимой пшеницы вынос элементов питания культурой в фазу

кущения составил 70,8 кг/га, сорняками — 7,2 кг/га, в фазу 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 составляли 8–11 ц/га. Максимальные потери отмечались по плоскорезной и минимальной обработках. Они колебались в пределах 23–30 по плоскорезной и 14–25% по минимальной. Депрессия урожайности сохранялась в течении всего периода вегетации, что объясняется складывающимися экологическими условиями: увеличивается численность сорняков, их масса, они появляются в более ранние сроки по минимальной обработке, в т.ч. многолетних, наиболее вредоносных сорняков. Прополка была необходима и тем эффективнее, чем раньше проводилась (табл. 2) [3, 4].

*Минимализация обработки почвы и дифференциация пахотного слоя по плодородию*

Проблема создания оптимального пахотного слоя, способного обеспечить благоприятные для растений водно-воздушный, пищевой и экологические

Таблица 2

**Влияние приемов обработки и сроков прополки на урожайность зерновых (в среднем за 5 лет)**

Срок прополки	Сорняки		Урожайность	
	численность	сухая масса	т/га	% к контролю
	шт/м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>		
<i>Обычная обработка почвы</i>				
1	—	—	3,45	100
2	183	5,5	3,39	98
3	156	15,1	3,07	89
4	91	35,8	2,47	72
5	80	50,3	2,04	59
<i>Минимализация обработки почвы</i>				
1	—	—	3,67	100
2	195	14,7	3,23	88
3	203	42,7	3,11	85
4	54	47,4	2,43	66
5	52	56,0	2,36	64

Примечание. 1 — регулярные прополки; 2 — период полных всходов; 3 — фаза кущения; 4 — фаза трубкования; 5 — сорняки не удаляли.

режимы, остается актуальной. В нашей стране признано целесообразным окультуривать слой 0–22 см [11], особенно на дерново-подзолистых почвах, при этом увеличение мощности пахотного слоя не всегда сопровождается ростом урожайности. Важнее знать реакцию культур на разные части пахотного слоя, т.е. дифференциацию пахотного слоя по эффективному плодородию. Скорость дифференциации, т.е. существенные изменения от однородного строения пахотного слоя при вспашке к гетерогенному строению при минимализации практически для многих почв не установлены. Известно, что на черноземах дифференциация происходит в срок 16–18 лет. На дерново-подзолистых почвах этот процесс значительно сокращается. Это связано с генетическим строением почв и действием факторов жизни растений. При минимализации они сосредотачиваются в верхних слоях. Доказатель-

ством является существенное снижение урожайности культур при минимализации в засушливые годы. Ресурсы создания урожая находятся в недоступном состоянии. В таких условиях преимущество получают обычные и глубокие обработки почвы [14].

Дифференциацию пахотных слоев изучали в вегетационно-полевых опытах. В качестве тест-культуры использовали кукурузу, так как ее урожайность сильно зависит от плодородия почвы. Для этого использовали сосуды, в которые помещали одинаковое количество почвы из разных ее слоев и элементов склона. Эффективное плодородие по слоям и элементам склона существенно различалось, что позволяет говорить о наличии процессов дифференциации слоев почвы по плодородию. Более высоким эффективным плодородием обладала почва слоя 0–10 см в вариантах с минимальной и плоскорезной обработкой (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние способа обработки почвы и элементов склона на эффективное плодородие почвы и урожайность кукурузы**

Способ обработки почвы	Слой почвы, см	Элемент склона			В среднем
		верх	середина	низ	
Вспашка (контроль)	0–10	153/100	284/112	301/118	279/110
	10–20	280/111	287/113	264/104	277/109
	20–40	181/72	142/56	283/112	202/80
Плоскорезная	0–10	426/168	403/159	469/183	433/170
	10–20	143/57	229/90	247/98	206/82
	20–40	100/40	125/49	101/40	109/43

Примечание. В числителе — сухая масса, г/сосуд, в знаменателе — % к контролю; НСР для частных различий — 9,2 г

Существенная дифференциация пахотного слоя на дерново-подзолистых почвах при минимализации происходит в срок до 3 лет. При более длительном периоде этот процесс ускоряется. Четко прослеживается формирование однородного и гетерогенного строения пахотного слоя.

При применении минимальной и плоскорезной обработок самым плодородным оказался слой 0–10 см. В слоях 10–20 и 20–40 см отмечается сниже-

ние уровня плодородия. В то же время по вспашке слои 0–10 и 10–20 см по эффективному плодородию не отличались. Прослеживается явная тенденция увеличения эффективного плодородия вниз по склону. Одновременно наблюдается повышенное содержание подвижных форм фосфора и калия.

Почвозащитные поверхностные и плоскорезные обработки способствовали устойчивой тенденции к дифференцированному распределению и накоп-

лению подвижного фосфора (58%) и доступного калия (62%). По вспашке в этом слое накапливалось не более 50% питательных веществ. Накопление 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.

По нашим данным, из общего количества растительных остатков зерновых и клевера лугового свыше 60% корневых остатков сосредоточено в слое 0–10 см. В посевах клевера лугового в слое почвы 0–40 см накапливалось до 53,2 ц/га абсолютно сухой массы, в посевах озимой пшеницы — 36,1, а в посевах яровых зерновых — до 30 ц/га. Специальными исследованиями определено количество корневых остатков сорных растений — их масса составляет от 4 до 6 ц/га абсолютно сухого вещества. Распределение корневых и пожнивных остатков по профилю почвы практически не отличается от культурных растений.

Таким образом, минимализация способствует и ускоряет процесс дифференциации пахотного слоя по плодородию.

### Минимализация обработки почвы и применение гербицидов

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

Разработанные системы гербицидов с насыщением севооборота до 50–100% показали наиболее высокую биологическую эффективность (табл. 4).

Экспериментально нами установлено, что наиболее целесообразна система гербицидов с 50% насыщением (обработка через год), при которой существенно уменьшается гербицидная нагрузка на поле. Открывается возможность снизить необоснованно завышенные объемы применения гербицидов.

Использование систем гербицидов в сочетании с системой обработки позволяют влиять на процесс снижения потенциальной засоренности (табл. 5).

Таблица 4

#### Эффективность системы гербицидов в зависимости от системы обработки почвы

Насыщение севооборота гербицидами, %	Первая ротация	Вторая ротация	Третья ротация	В среднем
<i>Обычная обработка (НСП<sub>05</sub> — 81 шт/м<sup>2</sup>)</i>				
0	102	219	215	179
50	16,4	58,1	67,2	47,2
100	41,1	84,5	82,3	69,3
<i>Плоскорезная (НСП<sub>05</sub> — 50 шт/м<sup>2</sup>)</i>				
0	125	326	327	259
50	31,1	57,5	69,2	52,7
100	38,5	73,0	84,2	65,2
<i>Минимальная (НСП<sub>05</sub> — 46 шт/м<sup>2</sup>)</i>				
0	129	285	330	248
50	32,2	60,6	78,8	57,2
100	60,0	76,5	76,9	71,1

Таблица 5

**Влияние системы обработки почвы и системы гербицидов  
на потенциальную засоренность (млн шт. семян на 1 га)**

Способ обработки почвы	Насыщение севооборота гербицидами, %			В среднем по обработке
	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	

Примечание. В числителе — в слое 0–10 см; в знаменателе — в слое 0–30 см.

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

Системы гербицидов в целом по опыту способствовали снижению потенциальной засоренности в 1,5–2 раза, хотя этот показатель существенно зависел от системы обработки и степени насыщения севооборота гербицидами. Снижение потенциальной засоренности в слое 0–30 см по всем системам обработки при использовании гербицидов на 2 полях было на 39,6, на 4 полях — на 46,9% соответственно.

Таким образом, в современных условиях с экологической стороны химические методы борьбы с сорняками необходимо рассматривать как звено системы земледелия, обеспечивающее повышение производительности земли, 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, при этом гибель сорняков составляет 70–75%; при применении систем гербицидов, основанных на препаратах последнего поколения — 85–95%. Это отмечалось при применении систем гербицидов, которые включали: сочетание симазина с 2,4-Д, смесь 2,4-Д с дикамбой, лонтрелом, диалена, 2М-4ХП, фенфиза, дифезана, ковбоя

и других препаратов, основанных на производных сульфонилмочевин — глин, ковбой, грэнч, хармони, секатор и другие [4, 9, 10].

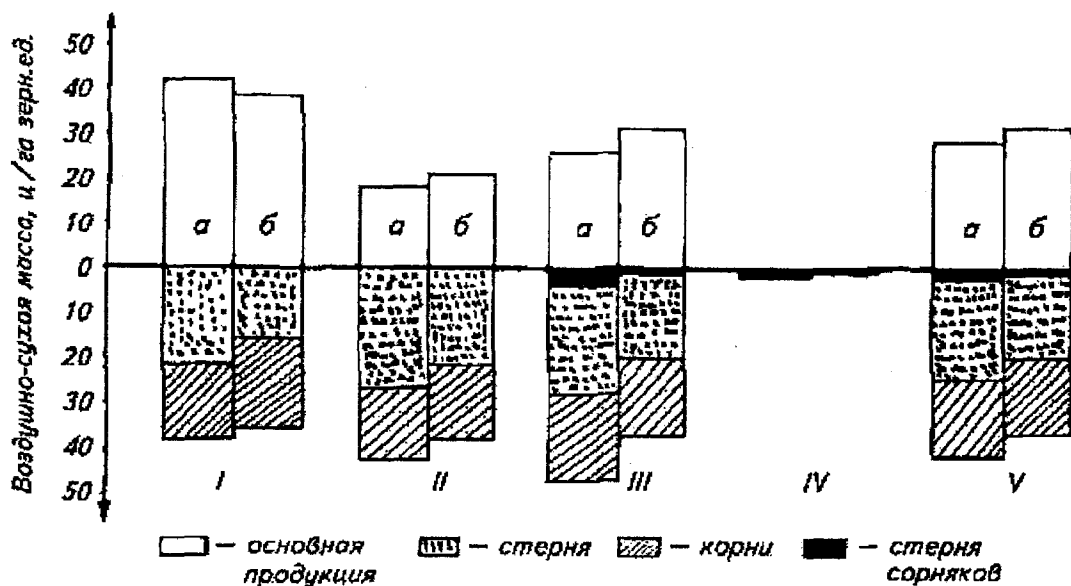
*Минимализация и воспроизводство плодородия почвы*

Количество растительных и пожнивных остатков при минимализации до 60–70% сосредотачивается в слое почвы 0–10 см. В среднем количество растительных остатков в севообороте составляет: при обычной обработке — 4,03 т, плоскорезной — 3,93, минимальной — 4,13 т с 1 га. Количество корневых и пожнивных остатков сорных растений составляет 0,4–0,6 т сухого вещества в вариантах без применения гербицидов. Соотношение основной продукции и растительных остатков при применении гербицидов представлено на рисунке.

Наши исследования позволяют утверждать, что минимализация обработки почвы в сочетании с применением систем гербицидов оказывают благоприятное влияние на показатели плодородия, в т.ч. и агрофизические (табл. 6).

Минимализация обработки почвы не влияла на накопление и сохранение влаги. Плотность и пористость практически не изменялись. Твердость почвы находилась в тесной прямой корреляционной связи с плотностью (коэффициент корреляции равен  $0,58 \pm 0,19$ ). При минимализации улучшалась структура почвы. Содержание водопрочных





Соотношение основной продукции и растительных остатков при применении гербицидов:

I — ячмень; II — викоовсяная смесь; III — озимая пшеница; IV — стерня сорняков; V — в среднем за 3 года; а — без гербицидов; б — с гербицидами

Таблица 6

Влияние систем обработки почвы на агрофизические показатели плодородия почвы

Способ обработки почвы	Запас влаги в почве, мм		Плотность, г/см <sup>3</sup> /пористость, %		Твердость, кг/см <sup>2</sup>	Содержание водпрочных агрегатов, %	
	слой почвы, см						
	0-20	0-100	0-20	20-40	0-20	0-20	20-40
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

агрегатов в пахотном слое при минимализации повышалось на 5,6-5,9%, а в слое 0-10 см — на 10-15% по сравнению со вспашкой. При минимализации обработки почвы происходит сложное перераспределение питательных элементов, изменяется соотношение их доступных и недоступных форм. Детальный анализ потребления культурами азота с помощью метода меченых атомов (N<sup>15</sup>) показал, что при по-

верхностной заделке удобрений возрастает их роль в формировании урожая в благоприятные по влагообеспеченности годы. Доля потребления почвенного азота понижается на 5,0-6,2%, а коэффициент использования азота из удобрений увеличивается на 5,0-6,4%. В условиях засухи потребление азота из почвы и удобрений заметно уменьшалось. Минимализация обработки почвы приводит к

существенной дифференциации распределения фосфора и калия. В слое 0–10 см сосредотачивается 58% подвижного фосфора и 62% калия.

#### *Минимализация обработки почвы и интенсивность микробиологических процессов*

Минимализация обработки почвы в сочетании с применением гербицидов заметно снижают численность бактерий, определяемых на МПА, и микроскопических грибов. Интенсивность микробиологической деятельности уменьшалась в 1,5–1,7 раза по сравнению с вариантами без гербицидов. Ингибирующее действие гербицидов усиливалось при минимальных обработках, что подтверждается изучением фитотоксичности, определяемой по развитию проростков тест-культур. В вариантах с минимализацией в сочетании с применением гербицидов длина корешков растений уменьшалась на 44–46,5%.

Минимализация обработки почвы может влиять на процессы активности ферментов. Активность амилазы и уреазы возрастала по минимальной обработке независимо от применений гербицидов. Это связано с тем, что с уменьшением обилия сорняков снижается биологическая активность почв, в т.ч. инвертазы, амилазы, каталазы и уреазы [4, 5].

#### *Минимализация обработки почвы и энтомологическая оценка почвообитающей фауны*

Почвенные раскопки в течение 12 лет позволили установить, что фауна почвообитающих беспозвоночных опытного участка представлена двумя типами и тремя классами кольчатых червей и членистоногих. Учеты свидетельствуют о полном доминировании дождевых червей. Их численность составляла по сезонам от 70 до 81%. Второе место по численности занимали насекомые — от 17 до 30% соответ-

ственно, наиболее многочисленными были многоножки — от 0,6 до 2%.

Абсолютное большинство почвообитающих беспозвоночных относилось к полезной фауне: дождевые черви, многоножки, насекомые-энтомофаги, всего 91–97%. На долю вредной фауны в среднем весной приходилось 9% (проволочники — до 6%, личинки двукрылых — 3%), а в конце лета численность вредителей не превышала 3%.

Минимальные технологии по-разному влияли на численность дождевых червей. На делянках с минимальной обработкой количество дождевых червей было достоверно больше по сравнению с обычной. В среднем по данным учетов было: при обычной обработке — 20–25; минимальной — 27–29 шт/м<sup>2</sup> дождевых червей.

Систематическое применение гербицидов приводило к достоверному снижению количества червей (26 экз/м<sup>2</sup>) по сравнению с делянками без гербицидов или их применением эпизодически (38 и 33 экз/м<sup>2</sup>).

Влияние минимальных технологий обработки почвы на энтомофагов-насекомых было аналогичным, как и по действию на дождевых червей. В то же время жулици не встречались на делянках, где применяли гербициды, что может служить биологическим индикатором на гербициды.

Таким образом, применение минимальных технологий обработки почвы существенно влияет на расселение вредной и полезной энтомофауны, что необходимо учитывать при разработке защитных мероприятий и мер по охране окружающей среды [5, 13, 18].

#### *Минимализация и органические удобрения*

Все технологии минимализации обработки почвы создают определенные трудности заделки органических удобрений и их необходимого расположения по профилю пахотного слоя. Следует отметить, что производство ос-

нового органического удобрения резко снижается (прогноз не более 70 млн т, т.е. 0,5 т/га). Замена навоза возможна при внесении соломы и возделывании сидеральных и промежуточных культур. Разработаны технологии их выращивания и внесения при минимализации обработки почвы. При внесении соломы усиливается засоренность за счет поступления семян с половой. При минимализации затруднена заделка сидератов и промежуточных культур при высоких урожаях зеленой массы этих культур. Вместе с соломой дополнительно вносятся азотные удобрения.

*Минимализация и хозяйственная эффективность ресурсосберегающих технологий и систем гербицидов*

В результате многолетних исследований (1978–2006) семи ротаций севооборота с помощью применения специализированного севооборота, разных технологий обработки почвы и систем гербицидов была получена планируемая урожайность зерновых 3,5–4 т зерна с 1 га. Одновременно (табл. 7) оценка хозяйственной эффективности минимализации без использования гербицидов показала существенное снижение урожая озимой пшеницы, ячменя, овса и их продуктивности в пределах 0,7–0,8 т к.ед./га. Эффект от применяемых систем гербицидов был высоким и в зависимости от насыщения ими севооборота составлял по обычной обработке от 7 до 17,5%, по обычной со щелеванием — от 2,4 до 14,2%, по плоскорезной — от 6 до 13 и минимальной — от 6 до 16%.

Данные о хозяйственной эффективности систем гербицидов позволяют констатировать, что эффект в значительной степени зависит от технологии обработки почвы. В результате действия и последствия севооборота, обработки почвы и гербицидов эффективность последних при 50%-м и 100%-м насыщении выравнилась как по количеству погибших сорняков, так и величине

сохраненного урожая. Этого, однако, нельзя сказать о минимальной обработке почвы.

Полученные данные позволяют в значительной степени изменить стратегию и тактику применения гербицидов — открывается возможность 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%-м насыщением севооборота при обычной, обычной со щелеванием и плоскорезной обработках. По минимальной обработке требуется ежегодное применение гербицидов.

*Энергетическая и экономическая эффективность при минимализации обработки почвы*

Расходы энергии на удобрения, обработку почвы, пестициды, транспорт составляют 80–90% от общих затрат при возделывании культур. Принято считать, что на обработку уходит до 40% затрат и более. Минимализация эти затраты сокращает до 10–15%. Одновременно возрастает доля затрат на пестициды до 25%. В литературе встречаются рекомендации по максимальной экономии энергии за счет увеличения биологического связывания азота, минимализации механической обработки почвы, сокращения затрат на пестициды, транспорт и др.

Экономическая эффективность в наших опытах по себестоимости была ниже на 13,1–17,4% по сравнению со вспашкой при минимализации, чистый доход больше на 88,7–98,2, рентабельность увеличилась на 48,9–52,3, производительность труда возросла 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 [5, 8, 12, 18].

Хозяйственная эффективность почвозащитных технологий обработки почвы и систем гербицидов за 7 ротаций севооборота (1978–2006), ц к.ед/га

Обработка (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Ротации севооборота							В среднем по обработке ботке	Сохраненный урожай при применении гербицидов	В среднем при применении гербицидов	
		1	2	3	4	5	6	7				
		в среднем										
Обычная	0	124,29	180,33	167,61	117,72	150,93	121,83	149,04	144,54	156,41	—	15,72 (3,93)
	25	134,78	187,19	186,07	134,07	157,80	124,80	150,04	153,54	10,33	10,33	
	50	131,22	203,52	189,56	146,23	168,18	128,78	170,12	162,52	17,46	17,46	
	75	124,51	209,42	200,96	148,15	168,26	131,79	154,08	162,45	20,06	20,06	
	100	126,22	198,63	189,19	138,55	171,59	128,63	160,36	159,02	15,02	15,02	
Обычная + щелчевание	0	128,02	157,96	172,09	124,54	146,87	121,12	155,64	141,77	153,69	—	14,91 (3,73)
	25	132,26	153,13	182,60	127,16	149,41	126,26	158,72	145,14	3,37	3,37	
	50	130,04	205,66	196,20	138,77	160,38	132,98	175,80	160,67	18,91	18,91	
	75	125,87	200,15	196,19	147,93	156,77	127,25	162,88	159,03	17,26	17,26	
	100	129,20	204,48	207,05	144,92	164,71	120,77	170,44	161,86	20,09	20,09	
Плоскорезная	0	120,65	167,66	163,32	134,98	124,73	116,62	141,40	137,99	148,92	—	13,65 (3,41)
	25	126,71	169,04	188,79	149,39	125,07	117,81	146,04	146,14	8,14	8,14	
	50	130,74	184,62	190,43	154,79	145,14	121,78	154,76	154,58	16,59	16,59	
	75	123,03	182,51	195,19	140,27	142,11	119,38	150,56	150,42	12,42	12,42	
	100	132,50	195,46	196,25	144,63	144,10	119,81	154,16	155,46	17,47	17,47	
Минимальная	0	114,57	184,77	169,52	132,20	118,43	103,98	133,96	136,69	148,27	—	14,31 (3,58)
	25	123,69	192,30	188,59	145,27	118,48	104,88	139,88	144,73	8,29	8,29	
	50	122,76	200,65	184,77	149,95	136,88	104,56	154,48	150,58	12,68	12,68	
	75	125,22	204,09	193,38	143,81	134,40	109,80	146,64	151,05	14,54	14,54	
	100	147,60	210,14	208,78	143,44	138,59	105,28	151,96	157,94	21,73	21,73	

НСР<sub>05</sub>(А) — 1,76 ц к.ед.; НСР<sub>05</sub>(В) — 1,72 ц к.ед.

## Заклучение

Результаты многолетних исследований (1978–2007) по изучению минимализации обработки почвы на дерново-подзолистых почвах показали, что применение энерго-ресурсосберегающих технологий возможно при строгом соблюдении элементов системы земледелия, комплексной химизации, интегрированной защите растений в течение не более 3 лет подряд в севообороте, так как при минимализации 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, эрозийные процессы не устраняются, условия окружающей среды не улучшаются.

Минимализацию обработки почвы целесообразно проводить при повышении культуры земледелия, совершенствовании систем земледелия с обязательной оценкой пригодности почвы к минимализации, период минимализации механической обработки почвы в севообороте не должен превышать трех лет подряд и обязательно прерываться глубокими обработками, т.е. при научно обоснованной разнотрубной обработке почвы.

## Библиографический список

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 скло-

новых 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 // Сб. науч. тр. М.: МСХА, 1994. — 18. Шпар Д. и др. Научные основы снижения норм гербицидов при использовании технологий дифференцированного прецизионного их внесения в развитых странах Европы. Агро XXI, 2003. Вып. 1–6. — 19. Arnold J. Proc. Noth Centr., 1987. — 20. Junter Kahut Biologischer Pflanzenbau Moglichkeiten und Jrenzen biologischer Aubaussysteme. Eugen Ulemer Jmb.H., 2006.

Рецензент — к. с.-х. н. А.Я. Рассадин

## SUMMARY

As a result of thirty-year research into tillage minimization in long-term permanent experiment it has been established that problems of phytosanitary conditions of both crops and soil worsening arise, differentiation of arable layers according to fertility goes faster, pesticides inhibit microbiological and entomological activity, water relationships become worse during droughty years, erosion processes are not eliminated, environmental protection does not improve. Minimization of tillage is only possible when farming standards are high, assessment and soil adaptability to minimization, its period in crop rotation should not be longer than 3 years on end, provided complex chemization and integrated plant protection are used.