

# ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Известия ТСХА, выпуск 3, 2001 год

УДК 632.51:631.58

## АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА СОРНЫЙ КОМПОНЕНТ АГРОФИТОЦЕНОЗА

А.В. ЗАХАРЕНКО, К.Т. КАРАВАЕВ, ВА. АРЕФЬЕВА

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

**Приводятся результаты оценки агротехнической и энергетической эффективности регулирующего воздействия на сорный компонент агрофитоценоза разных по интенсивности систем обработки почвы, удобрений и гербицидов в севооборотах различной специализации. Показано, что урожайность полевых культур при минимальной обработке почвы, применении удобрений и гербицидов не уступает уровню урожайности при традиционной для Нечерноземной зоны системе отвальной обработки почвы.**

Одним из путей научно-технического прогресса в современном земледелии является обоснование и переход к экологически сбалансированным, энергосберегающим системам защиты сельскохозяйственных культур от сорных растений.

Необходимость разработки научных и практических основ регулирования сорного компонента агрофитоценоза вызвана, с одной стороны, недостаточной эффектив-

ностью защитных мероприятий, не в полной мере учитывающих изменение эколого-ценотических условий развития агрофитоценозов при совершенствовании механической обработки почвы, специализации севооборотов и систематическом применении гербицидов, с другой, — определенной положительной ролью сорных растений в формировании и развитии эколого-энергетических взаимоотношений в агрофитоценозах.

Проблема совершенствования в этом направлении традиционных и разработка новых приемов и систем регулирования сорного компонента полевых агрофитоценозов в земледелии Центрального района Нечерноземной зоны имеет важное народнохозяйственное значение.

Целью наших исследований являются изучение агротехнической и энергетической эффективности регулирующего воздействия на сорный компонент агрофитоценоза разных по интенсивности систем обработки почвы, удобрений и гербицидов в севооборотах различной специализации и разработка на этой основе предложений по дальнейшему совершенствованию технологий возделывания сельскохозяйственных культур в земледелии Центрального района Нечерноземной зоны России. В связи с этим решали следующие задачи:

— проводили оценку агротехнической и энергетической эффективности применения разных систем механической обработки почвы в сочетании с удобрениями и гербицидами в севооборотах с различным насыщением зерновыми культурами;

— определяли закономерности изменения количественных и качественных параметров сорного компонента агрофитоценоза под действи-

ем разных систем обработки почвы, удобрений и гербицидов;

— изучали влияние элементов системы земледелия на количество и качество поступающих в почву растительных остатков культурных и сорных растений и их биоэнергетический потенциал;

— проводили экологическую оценку применения гербицидов в севооборотах;

— изучали влияние разных систем обработки почвы, удобрений и гербицидов на урожайность полевых культур.

### Методика

Исследования проводили в 1998—2000 г. на экспериментальной базе МСХА им. К.А. Тимирязева в учебно-опытном хозяйстве «Михайловское» (Подольский район, Московская обл.) в полевых стационарных опытах. Трехфакторный полевой стационарный опыт 9х7х2 (опыт № 7) «Действие обработок почвы, удобрений и гербицидов на плодородие дерново-подзолистой почвы» заложен в 1969 г. Б.А. Доспеховым. Трехфакторный полевой стационарный опыт 7х2х2 (опыт № 9) «Обоснование систем минимальной обработки почвы в севооборотах» заложен в 1972 г. А.И. Пупониным.

Почва опытных участков — дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса 1,8—2,0%, под-

вижных форм фосфора — 20—25 мг/100 г, обменного калия — 25—30 мг/100 г, сумма поглощенных оснований — 11,5—12,5 мг-экв/100 г, рН<sub>сол</sub> 5,6-5,8.

Подробное описание схем стационарных опытов и программы исследований приводятся в опубликованных работах [2, 4—5].

### Результаты

Результаты исследований свидетельствуют, что в среднем за 3 года (1998—2000 гг.) засоренность посевов полевых культур при системах обработки с условными названиями сочетание отвальной и нулевой, чизельная и роторная в сочетании с гербицидами была на уровне

традиционной в Нечерноземной зоне России системы отвальной обработки, а различия между ними находятся в пределах значения НСР<sub>05</sub>, т.е. незначительны (табл. 1).

При всех системах обработки почвы в сообществе малолетних сорняков наибольшее распространение получили трехреберник непашучий (20—32% общего числа малолетников), виды горцев (12—24%), звездчатка средняя (4—16%) и пикульник зябра (5—13%). При замене ежегодной вспашки поверхностными или мелкими обработками в сообществе малолетников увеличивалась доля участия сорняков, семена которых прорастают при относительно низкой темпе-

Т а б л и ц а 1

**Действие разных систем обработки почвы в сочетании с гербицидами на сорный компонент агрофитоценоза в плодосменном севообороте (среднее за 1998—2000 гг.)**

Система обработки почвы	Засоренность посевов, шт/м <sup>2</sup> (НСР <sub>05</sub> 22)	Видовой состав, % к общей численности				
		пикульник зябра	горцы	трехреберник непашучий	звездчатка средняя	прочие виды
Отвальная (контроль)	61	12,6	24,6	23,9	7,8	31,1
Нулевая	122	7,8	15,1	25,1	16,5	35,5
Поверхностная	94	7,2	14,8	32,1	7,9	38,0
Чизельная	70	5,7	15,9	25,8	15,1	37,5
Роторная	77	7,0	12,8	26,2	6,7	47,3
Плоскорезная	93	9,1	12,3	22,0	10,5	46,1
Сочетание отвальной и нулевой	62	13,3	15,1	20,6	4,3	46,7

ратуре почвы и воздуха (метлица полевая, подмаренник цепкий, звездчатка средняя, трехреберник непахучий). Наличие послеуборочных остатков при этих системах обработки способствовало лучшей перезимовке озимых и зимующих сорных растений.

В сообществе многолетних сорняков наибольшее распространение получили осот полевой (23—30% общего числа многолетников), бодяк полевой (9—20%) и хвощ полевой (9—17%). Системы нулевой и поверхностной обработки почвы приводили к увеличению доли корневищных, корнеотпрысковых и клубневых сорняков и практически не влияли на другие многолетники. При отвальной обработке почвы по сравнению с другими системами наблюдался рост участия в агрофитоценозе мочковатокорневых многолетников. При минимализации обработки почвы одной из причин увеличения доли корнеотпрысковых сорняков является интенсивное отрастание их побегов в послеуборочный период, что позволяет им сформировать дополнительный запас вегетативных зачатков в пахотном слое почвы.

В плодосменном севообороте в среднем за 3 года (1998—2000 гг.) при всех системах обработки почвы засоренность посевов полевых культур была в среднем на 25—

30% ниже, чем в зернотравяном (75% зерновых). Высокая эффективность регулирующего воздействия плодосмена на сорный компонент обусловлена не только заметным сокращением численности сорных растений, но и уменьшением доли участия наиболее вредоносных видов сорняков (пырея ползучего, бодяка полевого, осота полевого, хвоща полевого).

Для теории и практики совершенствования системы управления сорным компонентом агрофитоценоза важное значение имеет изучение эффективности регулирующего воздействия разных по глубине и интенсивности систем обработки почвы в севооборотах [2]. Неодинаковое действие разных систем обработки на потенциальную засоренность почвы обусловлено различиями в заделке и перемещении семян и вегетативных зачатков сорных растений в обрабатываемом слое. При использовании орудий с активными рабочими органами (роторного плуга, фрезерного культиватора) от 30 до 40% семян сорняков сосредоточивается в верхнем 5-сантиметровом слое почвы. При отвальной обработке верхний 5-сантиметровый слой почвы с осыпавшимися семенами сорняков практически равномерно распределяется по слоям почвы 10—15, 15—20 и 20—25 см.

Т а б л и ц а 2

**Потенциальная засоренность почвы  
при разных системах обработки**

Система обра- ботки почвы (условное название)	Засоренность почвы			
	семенами (слой 0—10 см), млн шт/га		органами вегетативного размножения, см/м <sup>2</sup>	
	исходная, 1973 г.*	1999 г.	исходная, 1973 г.*	1999 г.
Отвальная	253	72,5	1048	47
Нулевая	353	149,8	2339	205
Поверхностная	336	133,4	1152	114
Чизельная	299	109,0	1048	87

\* Данные Б.А. Смирнова.

Наибольшее снижение потенциальной засоренности верхней части пахотного слоя (0—10 см) достигалось на фоне применения гербицидов при отвальной и чизельной обработке почвы. Так, на 27-й год исследований засоренность почвы с слое 0—10 см при этих системах обработки составила соответственно 29 и 36% к исходному уровню (табл. 2).

В зернотравяном и плодосменном севооборотах в 1999 г. в слое почвы 0—30 см были обнаружены семена 31 вида сорняков, в том числе 20 видов семян малолетников. При системах минимальной обработки в данном слое наибольшее распространение получили семена пиккульника зябра (25% общего числа семян), трехреберника непахучего (24%), горцев (12%) и мари белой (10%).

Многолетнее применение систем минимальной обработки почвы в сочетании с гербицидами способствовало уменьшению засоренности почвы в слое 0—40 см органами вегетативного размножения многолетних сорняков (см. табл. 2). При высокой исходной засоренности почвы вегетативными зачатками на 26-й год исследований под действием изучаемых факторов она составила 8—10% к исходному уровню.

Нашими исследованиями установлено, что интенсивность и направленность регулирующего воздействия удобрений определяется видовым составом сорных растений. При низком уровне плодородия дерново-подзолистой почвы (фон без удобрений) конкурентоспособность биологической группы многолетних сорняков по

отношению к культурным растениям заметно возрастает. При систематическом применении полного минерального удобрения засоренность посевов многолетними сорняками в среднем за 3 года (1998—2000 гг.) была существенно ниже, чем на неудобренном фоне, а засоренность посевов малолетними сорняками — практически на уровне удобренного фона.

На фоне полного минерального удобрения в агрофитоценозе заметно уменьшается по сравнению с неудобренным фоном доля фиалки полевой, горцев (вьюнкового, птичьего и развесистого), осота полевого и чистеца болотного. При этом возрастает доля участия пикульника зябра, дымянки аптечной, звездчатки средней, хвоща полевого и подорожника большого.

Высокий уровень регулирующего воздействия на сорный компонент агрофитоценоза в посевах овса установлен при применении смеси гербицидов 2,4-ДА и лонтрела. Техническая эффективность гербицидной смеси (% гибели сорняков) в 1998 г. в посевах овса на фоне отвальной обработки составила 59%, фрезерной минимальной — 70%, фрезерной интенсивной — 66%. На фоне систем минимальной обработки почвы техническая эффективность гербицидов 2,4-ДА + лонтрел, зенкор и си-

мазин была заметно выше, чем на фоне системы отвальной обработки.

Ответной реакцией сорного компонента агрофитоценоза на длительное (26—28 лет) воздействие минимальной обработки почвы в сочетании с гербицидами, в системе которых преобладали препараты группы 2,4-Д, явилось увеличение в агрофитоценозе доли многолетних корнеотпрысковых и корневищных сорняков (осота полевого, бодяка полевого, пырея ползучего, хвоща полевого), малолетних видов (пикульника зябра, видов горцев), а также других устойчивых к действию гербицидов этой группы сорных растений (до 65—75% общего числа сорняков в посевах).

Гербициды 2,4-ДА + лонтрел, симазин и зенкор, применяемые в рекомендуемых нормах, не накапливались в пахотном слое почвы и растительной продукции.

Наибольшее количество пожнивно-корневых остатков поступает в почву при системах чизельной (18,7 ц/га), плоскорезной (17,7) и поверхностной обработки (17,4) (рисунк). По количеству поступающих в почву растительных остатков сорных растений преимущественное положение занимают системы нулевой (8,0 ц/га сухой массы), плоскорезной (6,5) и роторной обработки почвы (5,7). Следовательно, при минима-

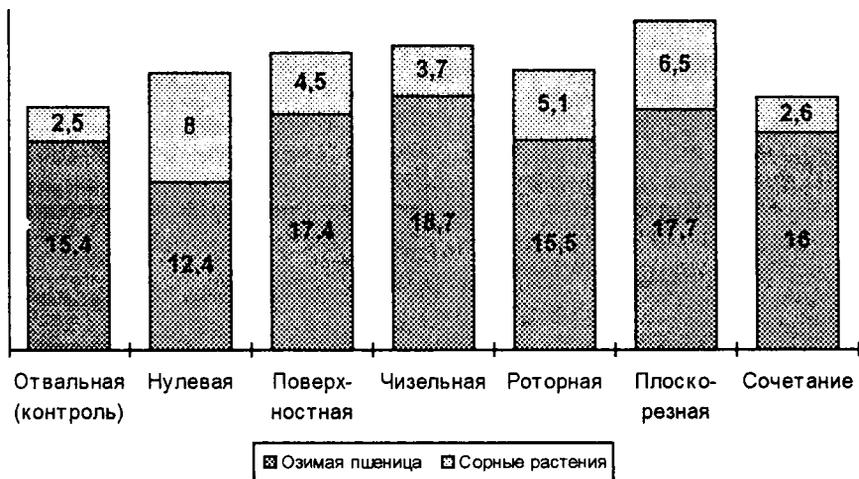


Рис. 1. Действие разных систем обработки почвы на количество пожнивно-корневых остатков озимой пшеницы и сорняков в ее посевах, ц сухой массы на 1 га (1999 г.).

лизации обработки поступление в почву органического вещества в виде растительных остатков, особенно сорняков, заметно возрастает.

В среднем за 2 года исследований (1998—1999 гг.) содержание азота в пожнивных остатках культур составило 1,25%, фосфора — 0,66%, калия — 2,87%. В растительных остатках сорняков, особенно корневых, содержалось значительно больше калия, чем в растительных остатках полевых культур.

Сорные растения аккумулируют большое количество элементов минерального питания, особенно при минимальной обработке почвы. В 1998 г. в посевах викоовсяной смеси при нулевой сис-

теме обработки почвы суммарное содержание азота, фосфора и калия в надземной массе сорняков составило 74,6 кг/га, что в 2,2 раза больше, чем при отвальной обработке почвы. В 1999 г. в посевах озимой пшеницы данный показатель при системе поверхностной обработки почвы составил 24,1 кг/га, плоскорезной — 31,4, роторной — 25,7 кг/га, что соответственно в 1,9; 2,5 и 2 раза больше, чем при отвальной.

В научной литературе одной из основных причин снижения урожайности сельскохозяйственных культур от конкуренции сорняков считается вынос последними элементов питания из почвы. Не оспаривая этот очевидный

факт, при интегральной оценке вредности сорных растений в агрофитоценозах, по нашему мнению, необходимо принимать во внимание и определенную положительную роль сорняков в пополнении запасов органического вещества и элементов питания в почве.

Исследованиями установлено, что по уровню экотоксикологической нагрузки гербициды симазин и аминная соль 2,4-Д мало различаются между собой ( $\Sigma_n$  соответственно  $1,08 \times 10^{12}$  и  $1,15 \times 10^{12}$ ). Наиболее высоким уровнем экотоксикологической нагрузки на агрофитоценоз из применяемых в опыте гербицидов характеризовался зенкор ( $\Sigma_n = 8,18 \times 10^{12}$ ). Эколого-токсикологическая нагрузка диалена была в 2,3 раза выше, чем аминной соли 2,4-Д (табл. 3).

Всего, в расчете на 1 га севооборотной площади, за

годы наших исследований (1998—2000 гг.) было внесено 3,54 кг д.в. гербицидов на 1 га. Совокупный и среднесуточный показатели экотоксикологической нагрузки на агрофитоценоз составили соответственно  $13,04 \times 10^{12}$  и  $4,35 \times 10^{12}$ .

Таким образом, в среднем за 3 года экотоксикологическая нагрузка гербицидов зенкор и диален на агрофитоценоз в расчете на 1 га севооборотной площади была выше соответственно в 7 и 2 раза, чем гербицида 2,4-ДА, а симазина — несколько ниже.

Исследования показали, что наибольшие затраты энергии реализуются при применении отвальных плугов типа ПН-4-35, ПЛН-4-35, ПТК-3-40, а также ротационного плуга ПР-2,7. В зернотравяном и плодосменном севооборотах энергозатраты на обработку почвы при роторной системе составили

Т а б л и ц а 3

**Эколого-токсикологическая нагрузка ( $\Sigma_n$ ) гербицидов на агрофитоценоз в севооборотах (1998—2000 гг.)**

Гербицид	Внесено на 1 га, кг д.в.		$T_{50}$ , сут.	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг	$\Sigma_n \times 10^{12}$	
	всего	в среднем за 1 год			общая	в среднем за 1 год
Аминная соль						
2,4-Д	0,8	0,27	17	1175	1,15	0,39
Симазин	0,24	0,08	225	5000	1,08	0,36
Зенкор	1,5	0,5	120	2200	8,18	2,73
Диален	1,0	0,33	25	950	2,63	0,87
Всего	3,54	1,18	—	—	13,04	4,35

3695 Мдж/га, что на 34% выше по сравнению с системой отвальной обработки почвы. В зернопропашном севообороте при трехъярусной и отвальной обработках почвы с фрезерованием энергозатраты на всю технологию возделывания полевых культур в среднем за 1998—2000 гг. составили 27540 Мдж/га. Наибольшее количество техногенной энергии (28660 Мдж/га) было затрачено при фрезерной интенсивной обработке почвы. Менее энергоемки системы фрезерной минимальной и отвальной обработки почвы с дискованием.

В среднем за 3 года затраты дизельного топлива при системе отвальной обработки почвы составили 39,1 кг/га, поверхностной — 24,7, чизельной — 34,0 и роторной — 52,9 кг/га.

Анализ энергетической эффективности применения удобрений свидетельствует, что в среднем за 1998—2000 гг. наименьший уровень энергозатрат в расчете на 1 ц корм. ед. основной продукции — 805 Мдж — отмечен на фоне полного минерального удобрения (2 NPK). Применение соломы или навоза в сочетании с 2 NPK увеличивало энергоемкость 1 ц корм. ед. соответственно на 43 и 104 Мдж. Наиболее высокий коэффициент энергетической эффективности — 1,41 — достигался на фоне

полного минерального удобрения.

По нашему мнению, для интегральной оценки энергетического эффекта удобрений, особенно органических, следует учитывать их «вклад» в формирование биоэнергетического потенциала почвы, т.е. увеличение содержания гумуса в пахотном слое. Установлено, что запасы энергии в гумусе на неудобренном фоне составили  $8,2 \times 10^5$  МДж/га, на фоне 2 NPK —  $9,0 \times 10^5$  МДж/га, а при внесении соломы + 2 NPK и навоза + 2 NPK — соответственно  $9,8 \times 10^5$  и  $10,4 \times 10^5$  МДж/га.

Доля гербицидов в общей структуре энергозатрат сравнительно невелика — 3—4%. Вместе с тем их применение обеспечивает высокий энергетический эффект. Так, за 1999—2000 гг. энергосодержание прибавки урожая полевых культур от применения гербицидов составило 7,9—10,0 тыс. МДж/га.

С учетом энергозатрат на применение гербицидов, которые включают энергосодержание гербицида, энергозатраты на его внесение и на уборку дополнительного урожая, полученного от применения гербицида, наиболее высокий коэффициент энергетической эффективности — 1,75 — отмечен на фоне системы чизельной обработки почвы.

Характер и интенсивность протекающих в агроценозах

процессов энерго- и массообмена тесно связаны с запасами энергии, аккумулированной в таких функционально значимых органических компонентах почвы, как гумус и растительные остатки культурных и сорных растений [2, 3, 6].

В отечественной и зарубежной научной литературе данные о влиянии разных систем обработки на биоэнергетический потенциал органического вещества почвы с учетом растительных остатков сорных растений практически отсутствуют.

Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют, что растительные остатки культурных и сорных растений являются важным источником энергии, во многом определяющим характер и интенсивность протекающих в почве био-энергетических процессов. При анализе энергосодержания послеуборочных растительных остатков викоовсяной смеси в 1998 г. установлено, что при всех изучаемых системах обработки почвы оно было достаточно высоким (табл. 4).

Следует отметить, что с корневыми остатками в почву поступает больше энергии, чем с пожнивными. Так, при системе отвальной обработки почвы энергосодержание пожнивных растительных остатков составило 2170 МДж/га, а корневых —

2830 МДж/га. Аналогичная закономерность отмечена и при других системах обработки почвы.

Установлено, что растительные остатки сорных растений содержат значительное количество энергии. Так, при системе нулевой обработки запасы энергии в послеуборочных растительных остатках сорняков составили 1820 МДж/га, в том числе пожнивных — 660 МДж/га и корневых — 1160 МДж/га, при поверхностной — 1130 МДж/га (470 и 660 МДж/га), плоскорезной — 1430 МДж/га (570 и 860 МДж/га), при отвальной — 760 МДж/га (290 и 470 МДж/га) (см. табл. 4).

Аналогичная тенденция отмечена и в 1999 г. при анализе запасов энергии в растительных остатках озимой пшеницы и сорняков в ее посевах.

Таким образом, при минимализации механической обработки почвы энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков сорняков заметно возрастает. Независимо от уровня интенсивности обработки почвы запасы энергии в корневых остатках сорняков выше, чем в пожнивных.

Наиболее высокий энергетический потенциал растительных остатков викоовсяной смеси и озимой пшеницы отмечен при системе чизельной обработки почвы (соответственно 5860 и 2320 МДж/га).

Таблица 4

**Энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков  
 викоовсяной смеси и сорных растений при разных системах  
 обработки почвы (тыс. МДж/га; 1998 г.)**

Система обработки почвы	Викоовсяная смесь			Сорные растения		
	пожнив- ные	корне- вые	всего	пожнив- ные	корне- вые	всего
Отвальная	2,17	2,83	5,0	0,29	0,47	0,76
Нулевая	1,96	2,36	4,32	0,66	1,16	1,82
Поверхностная	1,85	2,66	4,51	0,47	0,66	1,13
Чизельная	2,19	3,67	5,86	0,28	0,35	0,63
Роторная	1,97	2,62	4,59	0,38	0,54	0,92
Плоскорезная	2,07	2,73	4,80	0,57	0,86	1,43
Сочетание отваль- ной и нулевой	2,27	3,15	5,42	0,25	0,40	0,65

Результаты выполненных нами исследований свидетельствуют, что в зернотравяном и плодосменном севооборотах на фоне применения гербицидов минимализация основной и предпосевной обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы путем замены традиционных приемов отвальной обработки безотвальными и совмещение предпосевной обработки почвы и посева зерновых культур за один проход комбинированного агрегата КА-3,6 обеспечивают уровень урожайности полевых культур не ниже, чем при традиционной в земледелии Нечерноземной зоны отвальной обработке, а в отдельные годы — существенное ее увеличение (табл. 5). Так, в зернотравяном севообороте в

1998 г. достоверное увеличение урожайности зеленой массы викоовсяной смеси, а в 2000 г. — зерна овса по сравнению с контролем отмечено при системе чизельной обработки почвы.

Исследуемые системы обработки почвы не оказали существенного влияния на показатели качества зерна озимой пшеницы (натура, масса 1000 зерен, количество клейковины) и зерна овса (натура, масса 1000 зерен, содержание белка, пленчатость). В среднем за годы исследований (1998—2000 гг.) наиболее высокое энергосодержание основной продукции отмечено при системе чизельной обработки почвы, которая превосходила по этому показателю контрольный вариант на 2400 МДж/га.

Высоким энергосодержанием основной продукции полевых культур характеризовались также отвальная в сочетании с нулевой (47,8 тыс. МДж/га), поверхностная (47,2) и роторная обработки почвы (46,6) (табл. 6).

Наименьшей энергоемкостью 1 ц корм. ед. характеризовались системы поверхностной и чизельной обработки почвы (соответственно 635 и 643 МДж/ц). По показателю расхода дизельного топлива на 1 ц корм. ед. преимущественное положение занимали системы нулевой (1,73 кг/ц) и поверхностной обработки почвы (1,96). Наиболее высокие коэффициен-

ты энергетической эффективности отмечены при системах чизельной и поверхностной обработки почвы (соответственно 1,61 и 1,59).

### Выводы

1. Эффективность регулирующего воздействия на сорный компонент агрофитоценоза изучаемых систем механической обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы определяется глубиной заделки семян и вегетативных зачатков сорняков в обрабатываемом слое почвы. Системы минимальной обработки почвы с условными названиями нулевая, поверхностная, фрезерная ми-

Т а б л и ц а 5

### Урожайность полевых культур в зернотравяном и плодосменном севооборотах при разных системах обработки почвы (ц/га)

Система обработки почвы (фактор А)	Зернотравяной севооборот (В <sub>1</sub> )			Плодосменный севооборот (В <sub>2</sub> )			
	викоов- сяная смесь, 1998 г.	оз. пше- ница, 1999 г.	овес, 2000 г.	викоов- сяная смесь, 1998 г.	оз. пше- ница, 1999 г.	карто- фель, 2000 г.	
Отвальная (конт- роль)	221	25,1	32,1	220	25,3	293,7	
Нулевая	226	17,5	29,0	198	21,1	244,1	
Поверхностная	200	28,2	30,2	201	28,5	269,1	
Чизельная	254	29,3	34,9	220	30,5	334,5	
Роторная	203	23,6	29,7	202	27,9	297,7	
Плоскорезная	199	28,6	31,4	200	26,5	286,5	
Сочетание отваль- ной и нулевой	238	24,2	31,0	232	27,6	292,2	
НСР <sub>95</sub> {	А	22,5	6,0	2,6	22,5	6,0	47,7
	В	9,0	1,6	—	9,0	1,6	—

Т а б л и ц а

**Агроэнергетическая эффективность возделывания  
сельскохозяйственных культур при разных системах  
обработки почвы (среднее за 1998—2000 гг.)**

Система обработки почвы	Энергосодержание основной продукции, $\times 10^3$ МДж/га	Расход дизельного топлива на 1 ц корм. ед. основной продукции, кг	Энергоемкость 1 ц корм. ед., МДж	Коэффициент энергетической эффективности
Отвальная (контроль)	46,1	2,31	670	1,52
Нулевая	43,7	1,73	651	1,54
Поверхностная	47,2	1,96	635	1,59
Чизельная	48,5	2,13	643	1,61
Роторная	46,6	2,63	680	1,53
Плоскорезная	45,8	2,26	675	1,51
Сочетание отвальной и нулевой	47,8	2,23	660	1,56

нимальная и плоскорезная характеризуются более высоким, чем отвальная, уровнем засоренности посевов в начале вегетации полевых культур, так как при этих системах основная масса семян и вегетативных зачатков сорняков заделывается неглубоко (0—10 см), что способствует их раннему и интенсивному отрастанию.

2. Многолетнее (1973—1999 гг.) применение безотвальной обработки почвы (нулевой, поверхностной, чизельной, плоскорезной) в сочетании с гербицидами способствует существенному уменьшению засоренности верхней части пахотного слоя почвы (0—10 см) семенами

(за 27 лет в среднем на 60—70%) и органами вегетативного размножения (на 80—96%).

3. В плодосменном севообороте при всех системах обработки почвы засоренность посевов полевых культур за 3 года исследований (1998—2000 гг.) была в среднем на 25—30% ниже, чем в зерно-травяном (75% зерновых). Под действием плодосмена в агрофитоценозе уменьшалась доля наиболее вредоносных видов сорняков (пырея ползучего, бодяка полевого, хвоща полевого).

4. При низком уровне плодородия дерново-подзолистой почвы (фон без удобрений) заметно увеличивается конкурентоспособность много-

летних сорняков. При внесении полного минерального удобрения или в сочетании с органическими (навозом, соломой) засоренность посевов многолетними сорняками существенно снижается при всех системах обработки почвы.

5. Определена энергетическая эффективность применения разных систем обработки почвы, удобрений и гербицидов:

— системы чизельной и поверхностной обработки почвы обеспечивают наиболее высокий коэффициент энергетической эффективности (1,61 и 1,59) и наименьшую энергоемкость основной продукции (635 и 643 МДж/ц);

— доля гербицидов в структуре суммарных энергозатрат на всю технологию возделывания культур не превышает 5%. Наиболее высокая энергетическая эффективность применения гербицидов отмечается на фоне систем чизельной и роторной обработки почвы (коэффициенты энергетической эффективности соответственно 1,75 и 1,70);

— среди изучаемых вариантов удобрений наиболее высокий энергетический эффект достигается на фоне полного минерального удобрения (2 NPK) или его сочетания с соломой.

6. Разные по интенсивности и характеру воздействия на почву системы обработки оказывают неодинаковое воз-

действие на количество и качество растительных остатков культурных и сорных растений:

— при минимализации механической обработки общее количество поступающих в почву растительных остатков культурных и сорных растений больше, чем при отвальной;

— содержание элементов питания в пожнивно-корневых остатках полевых культур при разных системах обработки существенно не различалось и в среднем за 2 года составило: азота — 1,25%, фосфора — 0,66%, калия — 2,87%;

— при всех системах обработки почвы в растительных остатках сорняков, особенно корневых, по сравнению с растительными остатками полевых культур содержание калия значительно больше;

— содержание азота в пожнивных остатках сорных растений при системах нулевой и поверхностной обработки было на 20% выше, чем в пожнивных остатках озимой пшеницы и викоовсяной смеси.

7. При минимализации механической обработки почвы энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков сорняков заметно возрастает. Независимо от уровня интенсивности обработки почвы запасы энергии в корневых остатках сорняков были выше,

чем в пожнивных. Наиболее высокий энергетический потенциал растительных остатков викоовсяной смеси и озимой пшеницы отмечен при системе чизельной обработки почвы (соответственно 5860 и 2320 МДж/га).

8. Урожайность сельскохозяйственных культур за годы исследований (1998—2000 гг.) на фоне систем минимальной обработки, кроме нулевой, при применении удобрений и гербицидов не уступала ее уровню при традиционной системе отвальной обработки почвы. В зернотравяном и плодосменном севооборотах наиболее высокая урожайность полевых культур получена при системе чизельной обработки почвы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Захаренко А.В.* Методика энергетической оценки элементов системы земледелия. — М.: РАСХН, 1994. —

2. *Захаренко А.В.* Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия. — М.: Изд-во МСХА, 2000. — 3. *Захаренко А.В., Карабаев К.Б.* Содержание элементов питания в растительных остатках компонентов агрофитоценоза и их энергетический потенциал. — Достижения науки и техники в АПК. 2000, № 9, с. 7–9. — 4. *Пупонин А.И., Захаренко А.В., Дебердеев К.Ш.* Влияние разных систем обработки почвы, гербицидов и удобрений на засоренность посевов и урожайность полевых культур. — Изв. ТСХА, 1988, вып. 5, с. 77–85. — 5. *Пупонин А.И., Захаренко А.В.* Биоэнергетический потенциал органического вещества дерново-подзолистой почвы при разных системах обработки. — Изв. ТСХА, 1998, вып. 1, с. 44–53. — 6. *Odum H.* Amer. Sci., 1984, vol. 48, p. 11–18.

*Статья поступила  
10 мая 2001 г.*

#### SUMMARY

The results of estimating agrotechnical and energetic efficiency of regulating effect of soil management systems of different intensiveness, fertilizers and herbicides on seepings component of agrophytocenosis in crop rotations of different specialization are presented. It is shown that yield of field crops with minimal soil treatment, application of fertilizers and herbicides is not lower than yield in Non-chernozem zone with traditional system of soil treatment.