

ПЛОДОРОДИЕ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАШНИ

Б.Д. КИРЮШИН, Ф. ЭЛМЕР, Ю.Н. СИННХ, С. КРЮК

(Кафедра земледелия и методики опытного дела МСХА, кафедра растениеводства Берлинского университета им. Гумбольдта)

В исследованиях, проведенных в 1991—1996 гг. на супесчаной почве в комплексном 3-факторном полевом опыте в северо-восточном предместье Берлина (Германия) установлено, что экономическая устойчивость и экологическая безопасность сельскохозяйственного производства повышаются на фоне почвозащитной обработки при введении в зерновую трехполку клеверозлаковых смесей в качестве занятого пара, а в 6-польный севооборот — трав 2-летнего пользования. Из всех изучаемых культур лишь озимый ячмень отрицательно реагирует на уплотнение нижней части пахотного слоя вследствие безотвального рыхления почвы. Отмечен следующий убывающий порядок главных эффектов изучаемых приемов на урожайность культур: предшественник — азотное удобрение — почвозащитная обработка почвы.

Экономическая устойчивость и экологическая безопасность сельскохозяйственного производства предполагают дальнейшее совершенствование общепринятых агросистем землепользования. Из основных компонентов, составляющих агрономическое ядро системы земледелия, наиболее радикально воздействует на почву ее механическая обработка. Хотя для определения доли участия обработки в формировании урожая культур все еще нет достаточно совершенных методов, безусловной доминантой остается ее поч-

возащитная и энергосберегающая направленность [3]. Как при систематическом, так и периодическом внесении в почву органических удобрений их действие и последствие со временем аккумулируются, а общий эффект обычно возрастает. Подбор оптимального сочетания культур и схемы их чередования в севообороте также требуют достаточно длительного времени — не менее 2—3 ротаций [5]. Кроме того для агроэкологической предварительной оценки экспериментальных систем земледелия необходим дополнитель-

ный фактический материал о потуплении, трансформации и потере энергии и веществ прежде всего в малом круговороте почва — растение.

Такие комплексные проблемы на стыке агрономии и экологии можно моделировать и решать только на базе длительных многофакторных стационарных полевых экспериментов. В этой связи особую актуальность приобретает международное сотрудничество, поскольку долгосрочные опыты требуют больших инвестиций. Исследования, выполненные в полевой станции экспериментальной базы Тимирязевской академии «Михайловское» [1], и те, о которых пойдет речь в настоящей работе, стали возможны благодаря Договору о сотрудничестве между академией и Берлинским университетом им. Гумбольдта.

Стратегическая задача рассматриваемого здесь эксперимента — нормирование разных уровней интенсивности землепользования и долгосрочная оценка их влияния на эффективное плодородие супесчаной почвы и продуктивность соответствующих систем земледелия. Среди ближайших целей изучаемых агросистем выделяют баланс веществ и энергопоток, количественный и качественный анализ урожая и агроэкологическую оценку.

Методика

Данные исследования проведены в 1991—1996 гг. в комплексном полевом стационаре «Системы землепользования», заложенном в 1991 г. на опытной станции в Бломберге — северо-восточном

предместье Берлина, расположенном на высоте 79 м над уровнем моря. Среднегодовая сумма осадков и температура — соответственно 560 мм и 8,5°С. Почва — супесчаная на плейстоценовых отложениях по классификации ФАО (Albic Luvisol), с полезной полевой влагоемкостью около 160 мм.

Варианты в 3-факторном опыте размещены по методу расщепленных блоков в 6-кратной повторности. Общая площадь опыта — 42680 м². Делянки 1-го порядка площадью 288 м² (24 x 12) представляют поля севооборотов. На взаимоперпендикулярных, или перекрестных, делянках 2-го порядка площадью 72 м² (12 x 6) размещены варианты обработки почвы и азотного удобрения. Таким образом, в опыте изучали 3 из 4 основных факторов земледелия. Мероприятия по защите растений являются сопутствующим фоном. Подробное описание схемы опыта дано в табл. 1.

Полевые наблюдения и лабораторные анализы проводили на основе принятых в Германии методов [6]. Дополнительно твердость почвы оценивали с помощью ручного зонда с автоматической регистрацией результатов в N/мм², а содержание общего и водорастворимого углерода в почве — на установке Cmat 5500 Strohleim Iustr.

Структура и органическое вещество почвы

Наряду с текстурой, или соотношением механических частиц, и структурой органическая фракция почвы оказывает решающее

**Факториальная структура комплексного полевого стационара
«Системы землепользования»**

Фактор А — тип хозяйства и севооборот

1а — экстенсивный, зерновое направление.	2а — интенсивный, без животноводства.	3а — интенсивный, небольшое поголовье скота	4а — интенсивный, большое поголовье скота
--	---------------------------------------	---	---

Севообороты

Зеленый пар — оз. пшеница — оз. ячмень	Картофель — оз. пшеница — оз. ячмень (ЯПК)	Кукуруза — оз. пшеница — оз. ячмень (ЯПК)	Многолетние травы 1-го и 2-го годов использования — оз. пшеница — (ОПК) кукуруза на силос — оз. пшеница (ЗН) — оз. ячмень
--	--	---	---

Фактор В — обработка почвы

1в — традиционная: отвальная плугом до 30 см; лущение на 10—15 см после зерновых; вспашка на 20—25 см под промежуточные культуры и оз. зерновые; вспашка на 30 см под пропашные и многолетние травы (мн.тр.); запашка зеленого удобрения на 20 см	2в — почвозащитная: безотвальная, грубером на 15 см; дисковое лущение на 10 см; рыхление грубером на 15 см; посев ОПК (ЯПК); посев (посадка) кукурузы на силос (картоф.) в мульчированный слой почвы
---	--

Фактор С — азотное удобрение

1с — минеральный азот: под зерновые — 80, картофель — 100, кукурузу на силос — 150 кг/га	2с — без минерального азота
--	-----------------------------

Примечания. 1. Минеральные удобрения Р, К, Mg, Са вносили в дозах, необходимых для поддержания плодородия почвы; органические удобрения — солому (1а и 2а), зеленое удобрение (2а и 4а), навозную жижу — из расчета 15 (Н) и 45 (ЗН) т навоза на 1 га, или 80 и 240 кг N на 1 га.

2. Зеленый пар и многолетние травы — клеверозлаковые смеси (1:3). ОПК (ЯПК) — озимые (яровые культуры, вымерзающие зимой, для защиты почвы от эрозии и зеленого удобрения).

влияние как на буферность и саморегуляцию почвы, так и на урожайность полевых культур. Если текстура обусловлена генезисом почвы и остается величиной до-

статочно константной, то структура и гумус почвы подвержены значительным изменениям, масштабы и характер которых зависят от интенсивности агротехни-

ческих мероприятий в системе земледелия конкретной почвенно-климатической зоны.

Несмотря на сильные отклонения погодных условий от средней многолетней за 30 лет и изначально высокую гетерогенность земельного участка, установлены закономерные тенденции в изменениях свойств почвы и продуктивности культур за 5 лет эксперимента. Многолетние травы являются улучшателями структуры почвы — основного агрономического показателя ее плодородия. Так, уже после 2 лет возделывания ежи сборной доля крупных пор в структуре почвы была на 40% больше, чем после кукурузы [2]. В качестве основного показателя агрофизического плодородия почвы на Западе считают структуру почвы. В понятие структуры включается соотношение отдельных частей общего и (или) рыхлости (плотность) сложения любого вещества, в том числе и почвы. В отечественном земледелии это соответствует очень неудачному термину: «строение пахотного слоя», тогда как под структурой понимают лишь макроагрегатное состояние. Достаточно полно состояние структуры отображает плотность и твердость, или связность, почвы. Типичными для всего опытного участка являются совпадение максимума твердости в 3—5 N/мм² с глубиной 46 см, т.е. нижней границей гумусового горизонта, и последующее ее снижение в пределах метрового слоя. При безвозвальном рыхлении на 15 см (почвозащитная обработка) твердость в слое 15—40 см была в среднем за 4 года (1992—1995)

на 1—1,5N/мм² выше, чем по вспашке на 30 см (традиционная обработка). При этом твердость подпахотных горизонтов, особенно с глубины 40 см, не различалась по вариантам. Наибольшие различия отмечались в засушливые годы. Разница по годам была в пределах 0,5—1,5N/мм².

На 5-й год исследований проявилось существенное влияние предшественников на плотность почвы. Однолетние посевы клеверозлаковой смеси, используемые в качестве зеленого пара, несколько уступали по эффективности биологического рыхления почвы травам 2-го года пользования. Максимальная плотность почвы устанавливалась в конце вегетации на полях кукурузы. В среднем по всем предшественникам на фоне почвозащитной обработки почва уплотнялась на 0,5N/мм² (табл. 2).

В результате статистической обработки данных по Ньюман — Келсу с НСР для каждой пары соседних средних ранжированного ряда [4] выявлена существенная разность (разные буквы) на 5% уровне значимости плотности почвы под клеверозлаковой смесью 2-го года пользования и кукурузой на силос (1,71 и 1,78). На фоне почвозащитной обработки получены 2 значимые разности для трав и кукурузы (Н и 3Н) — 1,71, 1,81 и 1,84 г/см³.

Исследования органической фракции почвы (общий и водорастворимый углерод и общий азот) с 1994 г. ведутся только по 2 слоям почвы: 0—15 и 15—30 см. Вариация в содержании органического вещества была обусловле-

Таблица 2

Плотность супесчаной почвы (г/см³) при разных системах механической обработки почвы и предшественниках (сентябрь 1994—1995 гг.)

Обработка почвы	Многолетние травы 2-го г.п.	Зеленый пар	Картофель	Кукуруза на силос	
				Н	ЗН
Традиционная	1,71a	1,76ab	1,77ab	1,77ab	1,78b
Почвозащитная	1,71a	1,74ab	1,77abc	1,81bc	1,84c

Примечание. Здесь и в дальнейшем *a*, *b* и *c* означают результаты статистической обработки ранжированных рядов данных.

на главным образом количеством надземных и корневых остатков культур и органическими удобрениями: солома — в 1а и 2а севооборотах, навозная жижа и сидераты — в 2а и 4а севооборотах. По сравнению с исходными данными содержание общего углеро-

да в слое 0—15 см увеличивалось за 4 года по следующим предшественникам озимой пшеницы: зеленый пар, кукуруза на силос (ЗН) и многолетние травы 2-го года пользования — соответственно на 188, 184 и 160 мг/100 г (табл. 3).

Таблица 3

Изменения в содержании общих углерода и азота (мг/100 г) за 1991—1995 гг. в слое почвы 0—30 см в зависимости от предшественников озимой пшеницы и обработки почвы

Предшественник	Традиционная обработка				Почвозащитная обработка			
	0—15	15—30	0—15	15—30	0—15	15—30	0—15	15—30
	C _{общ}		N _{общ}		C _{общ}		N _{общ}	
Зеленый пар	176	165	4,5	1,9	202	46,0	7,3	-5,3
Многолетние травы 2-го г.п.	123	9,3	-2,0	-2,6	193	32,0	5,5	-7,6
Кукуруза на силос (Н)	9,0	-9,0	-1,0	-8,0	93,0	-10,0	6,3	-9,1
Кукуруза на силос (ЗН)	120	51,0	-1,0	-3,0	248	59,0	8,0	-4,4
Картофель	32	-20,0	-3,0	-6,5	44,0	-5,0	0,9	-6,6

Положительный баланс гумуса в верхней части пахотного горизонта в 2а севообороте связан с недонпользованием азотного удобрения картофеля и вследствие этого низкой его урожайностью по сравнению со средней для региона. Часть неиспользо-

ванного минерального азота составила питание микроорганизмов, интенсивно разлагавших солому предшественника. В 3а севообороте, где под кукурузу вносили 15 т навоза на 1 га (Н), прибавка углерода не превысила 50 мг/100 г в среднем по двум об-

работкам. Ожидаемые различия систем обработки почвы по данному показателю подтверждены. Так, почвозащитная обработка благодаря поверхностной заделке растительных остатков обеспечила среднюю прибавку углерода в слое 0—15 см 156 мг/100 г (слой 0—15 см), что на 64 мг больше, чем при традиционной вспашке.

В нижней половине пахотного слоя также наблюдалось влияние предшественников. В то время как травы, оставляющие большое количество корневых остатков, продолжали увеличивать гумусность почвы, пропашные культуры несколько усиливали минерализацию гумуса. В среднем по всем предшественникам повышение содержания углерода в слое 15—30 см составило по фонемам традиционной вспашки и почвозащитной обработки соответственно 56 и 24 мг/100 г. Прибавка углерода по фону безотвального рыхления на 15 см связана с корневыми остатками клеверозлаковых смесей 1а и 4а севооборотов. В балансе водорастворимого углерода и общего азота преобладали расходные статьи, в том числе и для верхней части пахотного горизонта. Отношение углерода к азоту (С:N), равное в опыте 12, несколько выше типичного для региона.

Запасы минерального (сумма нитратного и аммиачного) азота в слое 0—90 см достигли осенью 1995 г. 85—90 кг/га после зеленого пара, а по остальным предшественникам — 60—75 кг/га. Запасы органического азота отличались неустойчивостью (коэффициент вариации около 20%) — колебания от 25 до 50 кг/га.

Индикатором «самочувствия»

почвы и одним из главных механизмов ее саморегуляции является активность дождевых червей. Численность их популяций в почве опыта сильно коррелировала с уровнем интенсивности использования пашни (рис. 1). Если в севооборотах с клеверозлаковыми смесями количество червей достигало 100 шт/м², а их биомасса — 50 г/м², то в севооборотах с картофелем и кукурузой значения этих показателей колебались от четверти до шестой части. Мелкое безотвальное рыхление почвы способствовало размножению дождевых червей в первую очередь за счет накопления органического материала послеуборочных остатков.

Пожнивные и корневые остатки (ПКО) и баланс азота

Послеуборочные растительные остатки оказывают большое влияние на биологическую активность почвы и продуктивность полевых севооборотов. При этом количество и качество поступающего в почву органического вещества сильно различались по культурам (табл. 4). Эти различия связаны с биологическими особенностями культуры, системой удобрения и условиями роста растений.

Погодные условия, в особенности распределение осадков, остаются главным фактором, определяющим уровень урожая в этом регионе.

Наибольший уровень ПКО давали, как и ожидалось, травы 2-го года пользования. Поступления от зеленого пара в расчете на 1 га в 1995 г. составили 63 ц по-

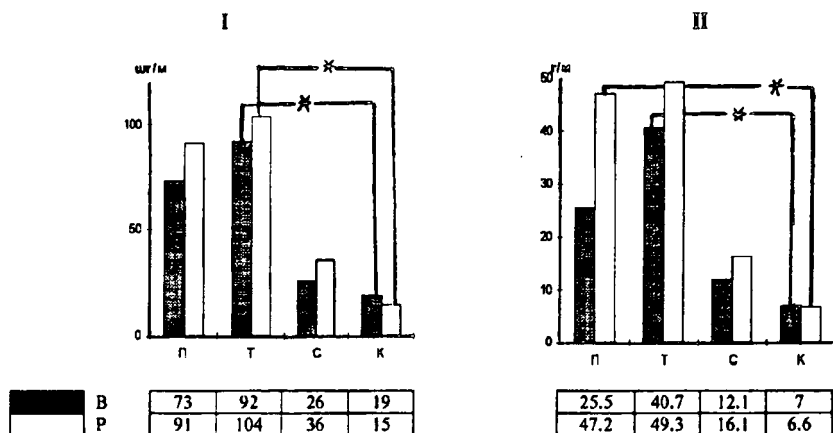


Рис. 1. Влияние предшественников озимой пшеницы и обработки почвы на активность дождевых червей в пахотном слое почвы. *I* — количество, *II* — биомасса червей; *П* — пар клеверозлаковый; *Т* — клеверозлаковая смесь 2-го года пользования; *С* — кукуруза на силос; *К* — картофель; *В* — традиционная вспашка, *Р* — безотвальное рыхление; звездочкой обозначены существенные различия на 5% уровне значимости: для предшественников — по Крускаль — Уоллис, для обработки почвы — по Вилкоксоу.

Таблица 4

Среднее поступление в почву углерода и азота с пожнивными и корневыми остатками (абсолютно сухое вещество) в зависимости от культуры и азотного удобрения (в среднем за 1992—1995 гг.)

Культура	Доза азота, кг/га	ПКО, ц/га	Углерод, ц/га	Азот, кг/га
Оз. пшеница	0	18,8	7,4	14,5
	80	23,4	10,2	17,5
Оз. ячмень	0	22,4	9,4	25,3
	80	26,4	10,8	28,0
Кукуруза на силос (Н)	0	16,2	7,5	10,9
	80	18,6	8,7	17,7
Многолетние травы 2-го г.п.	0	86,5	31,1	107,8

живных и корневых остатков, а также 34 ц других надземных остатков урожая. Зерновые и кукуруза оставляли примерно одинаковое количество ПКО, а минеральные азотные удобрения обеспечивали незначительные прибавки азота.

С 1993 г. в опыте наряду с поступлением азота учитывали и его расход, что позволило составить баланс в 3-польных севооборотах. К приходным статьям

относят поступления азота с минеральными и органическими удобрениями, растительными остатками и атмосферными осадками, к расходным — вынос азота с урожаями. В севообороте с клеверозлаковой смесью в качестве занятого пара даже без азотного удобрения обеспечивался положительный баланс азота. В двух других зернопропашных севооборотах отмечен дефицит азота (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Круговорот азота (кг/га) на фоне традиционной вспашки под культурами при внесении азотных удобрений и без них (за 1993—1995 гг.)

Культура	Без N		N		Баланс N	
	приход	вынос	приход	вынос	без N	N
<i>1а севооборот</i>						
Зеленый пар*	245	137	255	141	108	114
Оз.пшеница	20,7	61,7	106	90,5	-41,0	15,9
Оз.ячмень	23,7	52,6	112	97,3	-28,9	14,5
Итого	289	251	473	329	38,0	144
<i>2а севооборот</i>						
Картофель	21,7	46,4	123	80,4	-24,7	42,9
Оз.пшеница	18,5	43,0	105	84,1	-24,5	20,6
Оз.ячмень	19,7	40,5	105	80,0	-20,8	25,2
Итого	59,9	130	333	244	-70,0	88,7
<i>3а севооборот</i>						
Кукуруза на силос	116	91,6	270	137	24,0	133
Оз.пшеница	15,3	39,6	98,7	85,5	-24,3	13,2
Оз.ячмень	15,7	47,4	99,0	86,7	-31,7	12,3
Итого	147	179	468	309	-32,0	159

* Без азотного удобрения.

Применяемые в опыте дозы азота обеспечивали его положительное сальдо. Дополнительное органическое удобрение (зеленый пар — в 1а и навоз — в 3а севооборотах) удваивало его количество по сравнению с 2а севообо-

ротом, где под картофель вносили только минеральный азот. Зеленый клеверозлаковый пар и без азотного удобрения обеспечивал не только положительный баланс азота, но и максимальную урожайность зерновых культур. По-

добные парозерновые севооборотные звенья должны составлять основу экологически безопасных систем землепользования в зерносеящих регионах.

Урожайность культур и белковость зерна

На легких каменистых почвах северо-восточных регионов Германии, отличающихся слабыми сорбционной и буферной способностями, вариация урожаев зерновых в зависимости от предшественников составляет 10—25% [2]. Урожайность здесь определяется не общим количеством осадков, а их распределением и особенно в критические фенофазы, поскольку такие почвы обладают низкой

полевой влагоемкостью. Поэтому наибольший интерес представляют данные 1995 г., в целом благоприятного по погодным условиям. Кроме того, на 5-м году опыта установилась окультуренность почвы, вполне соответствующая изучаемым агросистемам.

Несмотря на 75% всхожестям и низкий показатель кустистости (1,3) в 1995 г. был получен наибольший урожай озимой пшеницы (41,4 ц/га в среднем по опыту при 32,9 ц/га в 1994 г.). Оптимальный срок посева и благоприятные условия водного режима обеспечили полновесный колос — 27 зерен — при массе 1000 зерен 42 г. Из предшественников выделялись зеленый пар и кукуруза на силос по фону 3Н (табл. 6).

Таблица 6

Урожайность и белковость зерна озимой пшеницы

Обработка почвы	Доза азота, кг/га	Севооборот				
		1а	2а	3а	4а	
<i>Урожайность зерна, ц/га</i>						
Традиционная	0	39,5с	27,1ab	24,9а	31,4b	36,7с
	80	56,5ab	55,5ab	54,8ab	54,1а	59,3b
Почвозащитная	0	28,4b	27,9b	22,8а	22,9а	33,2с
	80	51,7b	56,0b	55,0b	46,5а	55,0b
<i>Сырой белок (N x 5,7), %</i>						
Традиционная	0	11,3b	10,4а	10,8ab	10,5ab	10,8ab
	80	10,9а	10,6а	11,0а	11,0а	11,0а
Почвозащитная	0	10,5а	10,8а	10,4а	10,1а	10,9а
	80	11,7bc	10,5а	11,1abc	10,6ab	11,4bc

Существенные различия урожайности по системам обработки почвы установлены лишь в 1а и 4а севооборотах. Прибавки урожая от внесения 80N колебались от 17 до 32 ц/га в зависимости от предшественника, севооборота и содержания гумуса в

почве. При этом белковость зерна озимой пшеницы сорта Боренос, ценного по хлебопекарным свойствам, редко превышала 11%, что свидетельствует о необходимости использования в данной почвенно-климатической зоне более высоких доз азот-

ных удобрений под озимую пшеницу.

Урожайность озимого ячменя, идущего после озимой пшеницы во всех севооборотах, была наибольшей также в 1995 г. (в среднем по опыту 51,3 ц/га при 26,8 ц/га в 1994 г.). Аналогично пшенице его недостаточные всхожесть (75%) и кустистость (1,4) компенсировали выполненность колоса (29) и масса 1000 зерен (41 г).

После 5 лет исследований определились главные эффекты изучаемых систем. Так, наличие трав в севооборотах и/или внесение высоких доз органических удобрений способствовали повышению урожая ячменя в среднем на 9,0 ц/га (рис. 2).

В отличие от других культур озимый ячмень реагировал отрицательно на уплотнение нижней части пахотного горизонта и недостаточно качественную подготовку семенного ложа при безотвальном рыхлении почвы. Снижение урожайности при почвоза-

щитной обработке по сравнению со вспашкой составило 10 ц, а положительный эффект азотного удобрения оценивался в 20 ц/га. На содержании сырого белка в зерне ячменя сказалось влияние всех трех изучаемых агроприемов. В 4а севообороте с клеверозлаковой смесью и внесением 45 т навоза на 1 га под кукурузу получена существенная прибавка протеина по сравнению с остальными севооборотами. На фоне без минерального азота содержание протеина в зерне не достигало порога в 10%, необходимого для фуражного ячменя, тогда как внесение 80N повысило белковость зерна до 11,4%. В целом низкая белковость ячменя может быть связана с «эффектом разбавления», непропорционально большей долей минерального азота, пошедшего на формирование массы урожая.

Урожай травы, картофеля и кукурузы также различались по системам обработки и удобрению почвы (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Урожай (ц/га) сухой массы (105°С) многолетних трав, картофеля и кукурузы в 1995 г.

Севооборот	Культура	Традиционная		Почвозащитная	
		0	N	0	N
1а	Зеленый пар	74,4	90,9	89,2	87,2
2а	Картофель	20,5	34,6	22,7	36,3
3а	Кукуруза (Н)	72,1	84,2	70,5	89,7
4а	Многолетние травы 1-го г.п.	80,8	91,1	70,8	82,2
	» » 2-го г.п.	103	115	113	120
	Кукуруза (3Н)	73,2	91,0	79,1	88,5

П р и м е ч а н и е. Пар и травы без азотного удобрения (последствие N).

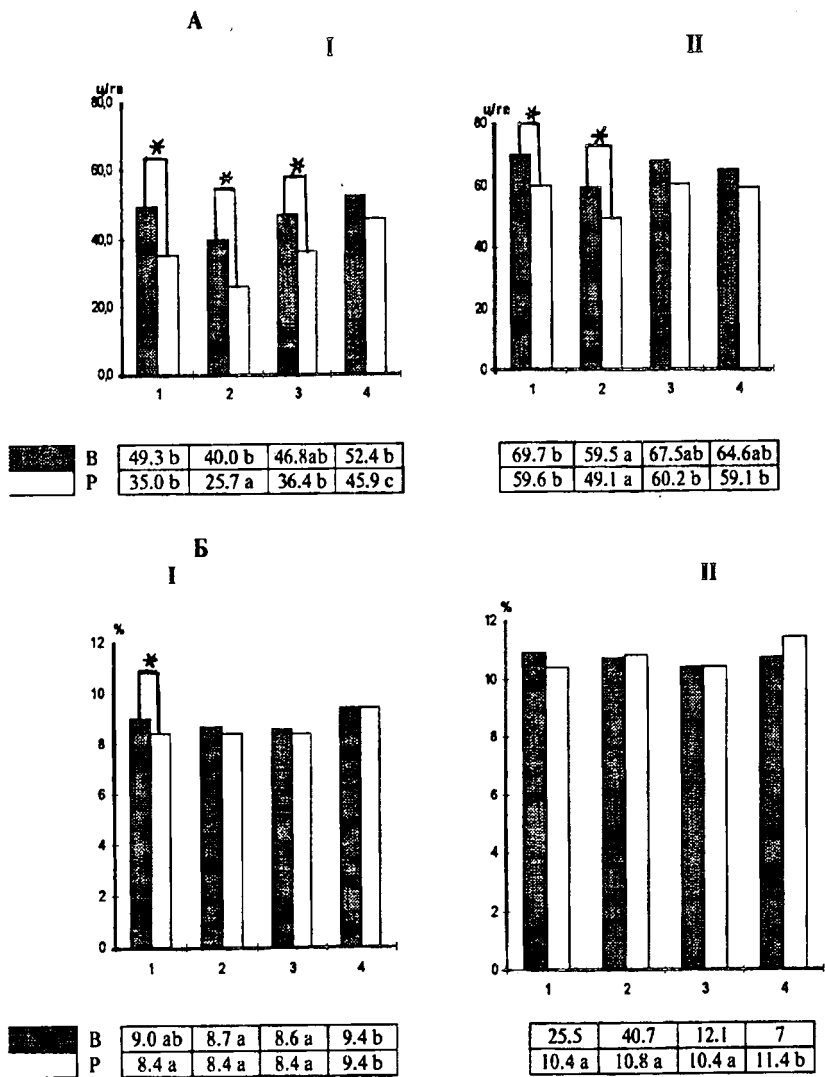


Рис. 2. Урожайность (А) и белковость (Б) зерна озимого ячменя в зависимости от севооборота, обработки почвы и азотного удобрения.

I — без азота; *II* — 80N, 1, 2, 3 и 4 — севообороты, *B* — традиционная вспашка, *P* — безотвальное рыхление. Существенные различия между средними для обработки почвы обозначены звездочкой, для севооборотов — *a, b, c*.

В 1а севообороте урожай клевер-розлаковой парозанимающей смеси в среднем составлял 85,4 ц сухого вещества на 1 га, 70% общей массы урожая приходилось на 1-й укос. Среднее снижение урожая при отказе от вспашки (7 ц/га) было статистически недо-стоверно.

Урожай картофеля в 1995 г. (28,5 ц/га) при хороших качественных показателях был ниже среднего для этого региона. Холодная почва при посадке картофеля и засушливая погода в дальнейшем замедлили всходы и рост клубней.

Средний урожай сухой массы кукурузы на силос в 3а севообороте на фоне 15 т навоза на 1 га достиг 79,1 ц/га, размах колебаний по вариантам удобрения составил 19,2 ц/га. 75% сухой массы приходилось на початки. На кукурузе, как и на других листовых культурах этого севооборота, сказалось положительное действие почвозащитной обработки.

В 4а 6-польном севообороте урожай сухой массы трав 2-го года пользования в сумме за 3 укоса был на 30 ц/га выше, чем в 1-й год пользования. Наряду с увеличением густоты травостоя на 2-й год повышалась доля клевера в смеси, о чем свидетельствует более высокое содержание азота в урожае. Обработка почвы сильнее влияла на урожай, чем последствие азотного удобрения. Впервые в 1995 г. отмечено существенное влияние азотного удобрения на урожай кукурузы. Тройная доза навоза в севообороте 4а незначительно повысила значение этого показателя (всего на 4 ц/га) по сравнению с севооборотом 3а, однако последствие навоза положительно сказалось на следую-

щей культуре. Как и в севообороте 3а очевидно преимущество почвозащитной обработки для пропашных культур и трав.

Выводы

1. Разная интенсивность сельскохозяйственного использования супесчаной почвы с неустойчивым водным режимом уже на 5-й год выявила заметную дифференциацию структуры почвы и содержания в ней органического вещества. Мелкая и безотвальная энергосберегающая и почвозащитная обработка повышала плотность и связность нижней части пахотного горизонта. Традиционная вспашка обеспечивала равномерное распределение органического вещества по слою 0—30 см. Обеднение нижней и обогащение гумусом верхней половины этого слоя на фоне почвозащитной обработки не приводили к снижению общего потенциала плодородия почвы, если доля трав в севооборотах составляла не менее 30%.

2. Экономически устойчивыми и экологически безопасными являются агросистемы с наличием в севооборотах травяно-паровых звеньев. Глубоко разветвленная мощная корневая система клевер-розлаковой смеси, возделываемой в занятом пару зерновой трехполки, или 2-летнее использование такой смеси в 6-польном севообороте способствуют накоплению гумуса по всему пахотному слою. При безотвальной обработке почвы и возделывании трав биомасса дождевых червей была в 4—6 раз выше, чем при традиционной вспашке под пропашными культурами.

3. Замена вспашки в полевых севооборотах безотвальной поверхностно-мульчирующей обработкой приводит к существенно снижению урожайности озимого ячменя. В то же время реакция на этот способ обработки озимой пшеницы, трав, кукурузы и картофеля если не положительная, то нейтральная.

4. Внесение азота под озимые зерновые в дозе 80 кг/га повышало урожайность пшеницы и ячменя от 10 до 32 ц/га в зависимости от предшественников. Однако по эффективности минеральный азот уступал бобовозлаковым травам, являющимся предшественником озимой пшеницы и следующего за ней ячменя. На фоне высоких доз органических удобрений (45 т навоза на 1 га) минеральный азот в дозе 150 кг/га не дал существенной прибавки урожая зеленой массы кукурузы. Доза азота в 100 кг/га под картофель не обеспечила получение типичного для региона уровня его урожая, однако неиспользованный азот ускорял разложение соломы предшественника картофеля.

5. На содержание сырого белка в зерне пшеницы и ячменя влияет количество азота, внесенного непосредственно под зерновые или

под их предшественники. Низкий уровень белковости зерна в опыте (около 11%) свидетельствует о том, что доза азота 80 кг/га под зерновые является недостаточной, а для озимого ячменя дополнительно накладывается и «эффект разбавления» высоким урожаем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лошаков В.Г., Элмер Ф., Сидих Ю.Н. Накопление органического вещества в почвах при бесменном возделывании зернофуражных культур и в зерновых специализированных севооборотах. — Изв. ТСХА, 1997, вып. 2, с. 18—28. — 2. Метц Р., Элмер Ф., Хоффман Х. Роль предшественника при выращивании сельскохозяйственных культур на песчаных почвах. — Докл. Росс. акад. с.-х. наук, 1993, вып. 2, с. 34—37. — 3. Пупонин А.И., Кирюшин Б.Д. Минимализация обработки почвы. Опыт, проблемы и перспективы. М.: ВНИИТЭИ агропром, 1989, с. 56. — 4. Einführung in die Methodik des Feldversuches Autoren Kollektiv. — VEB D.L. Berlin, 1987, S. 327. — 5. SP-report, 1995, N 29, p. 188. — 6. Volufa. Mehhdodenbuch., Bd I-II Verlag Darmstadt, 1991, S. 981.

Статья поступила 9 февраля 1998 г.

SUMMARY

It was found in investigations conducted in 1991—1996 on sandy loam soil in complex 3-factor experiment in north-eastern suburb of Berlin (Germany) that economic stability and ecological security of agricultural production become higher with soil-protecting treatment due to introducing clover-grass mixtures as full fallow into grain three-field system and grasses of 2-year usage into 6-field crop rotation. Of all the crops which are studied only winter barley negatively responds to compaction of lower part of arable layer due to nonmoldboard soil mellowing. In investigated procedures the following descending order of principal effects on crop yield has been noted: preceding crop — nitrogenous fertilizer — soil protecting treatment.