

УДК 631.582:[633.1+631.8+631.452+631.445.51

ВЛИЯНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЗЕРНОВЫХ СЕВООБОРОТОВ И УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ СВЕТЛО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

А. М. ЛЫКОВ, С. И. СУЛЕЙМАНОВ, И. Г. СУЛЕЙМАНОВА,
Р. И. САДЫГОВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

В статье дана оценка эффективности специализированных севооборотов с различным насыщением зерновыми культурами и систем удобрения в воспроизводстве плодородия светло-каштановой почвы и их влияния на производительность пашни в условиях богарного земледелия Азербайджана.

Научно обоснованная специализация земледелия — один из узловых вопросов современных агроландшафтных систем земледелия [2, 4, 5]. Экономические соображения, которые определяли да и сегодня определяют соотношение посевных площадей отдельных культур в севооборотах, а также соотношение отдельных угодий в агроландшафтах, должны быть обязательно дополнены агрономическим и экологическим обоснованием [2, 3, 6]. Агрономическое обоснование касается прежде всего влияния полевых культур на воспроизводство отдельных факторов плодородия и плодородия почвы в целом [2, 4].

Задача наших исследований — выявить возможности максимального насыщения севооборотов зерновыми культурами при одновременном расширенном воспроизводстве плодородия почв в богарных условиях Азербайджана.

Методика

Исследования проводились в течение 1983—1986 гг. в многофакторных стационарных опытах в Нагорной Ширвани на территории Шемахинской ЗОС Азербайджанского НИИ земледелия. Схема опытов представлена в табл. 1.

Все 7-польные севообороты развернуты в пространстве и времени, площадь полей 720 м^2 ($7,2 \times 100 \text{ м}$); площадь делянок, на которых применяли удобрения (аммиачную селитру, фосфорный гранулированный суперфосфат и 40 % калийную соль) — 237 м^2 , учетная — 132 м^2 (33×4). Повторность 3-кратная.

В опытах высевали озимую пшеницу сорта Кавказ, ячмень сорта Нахичеванданы, нут — Зимостони, горох кормовой АзНИХИ 1528, подсолнечник ВНИИМК 8931 (улучшенный).

Для оценки влияния севооборотов на почвенное плодородие определяли: содержание общего гумуса по Тюрину (с колориметрическим окончанием), групповой состав гумуса по схеме И. В. Тюрина — В. В. Пономаревой, содержание аммиачного и нитратного азота — по методу ЦИНАО, подвижного фосфора — по Мачигину в модификации ЦИНАО, влажность почвы — термостатно-весовым методом, ферментативную активность почвы: каталазы — по Галстяну, инвертазы — по Хазиеву, полифенолоксидазы и пероксидазы — по Каряги-

ной и Михайловской, массу корневых остатков — по Станкову.

Органическое вещество почвы

Поступление в почву растительных остатков зависит прежде всего от биологических особенностей культур, технологий их возделывания и системы удобрения. В варианте без удобрений оно снижалось от 1-го севооборота к 3-му, что в определенной мере объясняется понижающимися во 2-м и 3-м севооборотах урожаями зерновых культур. С корневыми остатками в

Таблица 1

Схема чередования культур и внесения удобрений (кг/га) в экспериментальных севооборотах

Чередование культур	II фон (современный)			III фон (перспективный)		
	N	P	K	N	P	K
<i>1-й севооборот, 57,2 % зерновых</i>						
Черный пар	—	300	150	—	300	150
Оз. пшеница	30	—	—	60	—	—
» »	60	—	—	90	—	—
» горох	30	—	—	60	—	—
» пшеница	60	100	100	90	200	150
Подсолнечник	60	—	—	90	—	—
Оз. пшеница	90	—	—	120	—	—
Всего за ротацию	330	400	250	500	500	300
Ежегодно	47,2	57,1	35,7	72,9	71,4	42,9
<i>2-й севооборот, 71,4 % зерновых</i>						
Черный пар	—	400	100	—	400	150
Оз. пшеница	30	—	—	60	—	—
» »	60	—	—	90	—	—
» »	90	100	50	120	200	100
Нут	30	—	—	60	—	—
Оз. пшеница	30	—	—	60	—	—
» »	60	—	—	90	—	—
Всего за ротацию	300	500	150	480	600	250
Ежегодно	42,9	71,4	21,4	68,6	85,7	35,7
<i>3-й севооборот, 85,8 % зерновых</i>						
Черный пар	—	500	200	—	500	200
Оз. пшеница	30	—	—	60	—	—
» »	60	—	—	90	—	—
» »	90	—	—	120	—	—
» ячмень	60	100	50	90	200	100
» пшеница	90	—	—	120	—	—
» »	120	—	—	150	—	—
Всего за ротацию	450	600	250	630	700	300
Ежегодно	64,3	85,7	35,7	90	100	42,9

Примечание. I фон — без удобрений.

почву поступало несколько больше органического вещества, чем со стерневыми.

Выявлено влияние удобрений на количество растительных остатков. Так, в 1, 2 и 3-м севооборотах по II фону (умеренные нормы NPK) поступление свежего органического вещества составило соответственно 29,3, 28,4 и 31,2 ц/га, под бессменной озимой пшеницей — 27,8 ц/га. Еще выше количество растительных остатков отмечено на перспективном фоне удобрений. Такое влияние минеральных удобрений находится в непосредственной связи с увеличением урожая и в известной степени зависит от генетических свойств почвы и климатических условий региона.

На неудобряемых делянках в специализированных севооборотах единственным реальным источником воспроизводства органического вещества почвы являются растительные остатки возделываемых культур. Конечные параметры «гумусового хозяйства» почвы в этом случае в значительной мере определяются структурой посевных площадей в севообороте, особенно наличием чистого пара. Как следует из табл. 2, за 7-летнюю ротацию севооборотов с разным насыщением зерновыми культурами произошло снижение содержания гумуса в слое почвы 0—40 см. При этом дефицитность его баланса возрастала по мере увеличения в севообороте доли зерновых культур. Так, в кон-

Таблица 2

Содержание гумуса и азота в слоях светло-каштановой почвы 0—20 см (числитель) и 20—40 см (знаменатель)

Севооборот и фон удобрения	N, %	Гумус, %	C:N	Абсолютные запасы, т/га		Гумус, % к исходным запасам
				N	гумус	
До закладки опыта, 1980 г.	0,17	2,1	7,2	4,08	50,04	100
1-й севооборот:	0,12	1,67	8,1	2,88	40,08	100
без удобрений	0,15	1,90	7,3	3,60	45,60	91,1
	0,12	1,66	8,0	2,88	39,84	99,4
III фон	0,16	2,00	7,2	3,84	48,00	95,9
	0,11	1,67	8,8	2,64	40,08	100
2-й севооборот:	0,14	1,88	7,8	3,36	45,12	90,2
без удобрений	0,11	1,66	8,7	2,64	39,84	99,4
	0,15	1,96	7,6	3,60	47,04	94,0
III фон	0,11	1,66	8,7	2,64	39,84	99,4
3-й севооборот:	0,13	1,84	8,2	3,12	44,16	88,2
без удобрений	0,10	1,63	9,5	2,40	39,12	97,6
	0,15	1,94	7,5	3,60	45,66	93,0
III фон	0,11	1,66	8,7	2,64	39,84	99,4
Бессменная пшеница:	0,14	1,89	7,8	3,36	45,36	100
1980 г.	0,12	1,66	8,0	2,88	39,84	100
	0,12	1,83	8,8	2,88	43,92	96,8
1985 г.	0,09	1,63	10,5	2,40	32,12	80,6

це опыта в почве 1-го севооборота по фону I (без удобрений) в слое почвы 0—20 см содержалось 1,9 % гумуса, во 2-м — 1,88, в 3-м — 1,84 % при 2,1 % в исходной почве. Таким образом, ежегодно светло-каштановая почва теряла из слоя 0—20 см 800—900 кг гумуса на 1 га севооборотной площади, а в бессеменных посевах — 200—300 кг/га.

Применение повышенных норм НРК (фон III) в севооборотах заметно снижало общие потери гумуса, однако баланс органического вещества за ротацию все же был отрицательным.

Возделывание сельскохозяйственных культур на светло-каштановой почве не привело к кардинальным изменениям в групповом составе гумусовых веществ. Последний представляет собой устойчивый генетический признак, отражающий особенности почвообразования данного типа почвы. Вместе с тем в 7-польных севооборотах с одним полем чистого пара в условиях дефицитного гумусового баланса отмечается тенденция к некоторому увеличению в составе гумуса гуминовых кислот и снижению наиболее подвижных фульвосоединений. В результате несколько расширяется соотношение гуминовых и фульвокислот, возрастает содержание негидролизуемого остатка. По-видимому, указанные изменения обусловлены прежде всего парованием светло-каштановой почвы, поскольку в том же опыте групповой состав гумуса почвы под бессменной озимой пшеницей мало чем отличался от исходного (до начала опыта).

Влажность и питательный режим почвы

Режим влажности почвы под сельскохозяйственными культурами и в пару в годы исследований был типичным для зоны, т. е. в

основном определялся периодическими кратковременными переувлажнениями, высокими испаряемостью и транспирацией воды посевами. Периодически отмечался дефицит влаги в почве, и влажность ее падала ниже уровня устойчивого завядания (10,3 %) вплоть до мертвого запаса (5,3 %), тем не менее и изучаемые факторы опыта влияли на этот показатель. Так, более высокий уровень влажности почвы в чистых парах в весенне-летний период вплоть до посева и в занятых парах (под озимыми горохом и подсолнечником на силос) создали наиболее благоприятный режим влажности в 1-м севообороте (57,2 % зерновых), а самым неблагоприятным он был в 3-м севообороте (85,8 % зерновых) и в бессменном посеве озимой пшеницы.

Наблюдения за динамикой содержания усвояемого азота показали, что независимо от фона удобрения во всех севооборотах в почве преобладала его аммиачная форма. Наибольшее количество аммиачного азота обнаруживается весной, в марте; в дальнейшем оно уменьшается, что объясняется переходом его в нитратную форму вследствие нитрификационного процесса. Наиболее интенсивно накапливался аммиачный азот в паровом поле всех трех севооборотов.

В конце вегетации наблюдалось уменьшение содержания подвижных соединений фосфора, что обусловлено использованием их растениями, а также превращением в труднорастворимые формы. Почва под бессменными посевами характеризовалась самым низким содержанием легкоусвояемого фосфора.

Содержание обменного калия в почве значительно увеличивалось при внесении удобрений. Во всех севооборотах наибольшее его количество в осенний период наблюдалось в почве под 1-й и 2-й куль-

турой (пшеницей) после черного пара. Весной содержание обменного калия несколько увеличивалось, однако к лету оно значительно уменьшалось.

Изучение динамики влажности почвы и содержания в ней подвижных форм азота, фосфора и калия показало, что наиболее благоприятный водный и питательный режим складывается в 1-м и 2-м севооборотах при внесении удобрений.

Сорняки

Засоренность посевов в годы исследований зависела от вида возделываемой культуры и предшественника. Она увеличивалась по мере насыщения севооборота зерновыми (табл. 3).

В севооборотах с пропашными и чистым паром сорняков было меньше, чем в севооборотах, насыщенных культурами сплошного сева.

Таблица 3

Засоренность посевов (шт/м²) в вариантах без удобрений (числитель) и при их внесении (знаменатель)

Чередование культур в звеньях севооборотов	1983 г.	1984 г.	1985 г.	1986 г.	Средняя по годам	Средняя по чередованию
Бессменная пшеница	154	190	274	192	202	202
<i>1-й севооборот, 57,2 % зерновых</i>						
Горох	90	60	171	70	98	—
	81	43	118	60	76	—
Пшеница	89	112	130	91	105	—
	80	110	108	90	95	—
Подсолнечник	81	76	126	76	90	100
	67	74	110	71	81	82
Пшеница	102	84	148	84	105	—
	80	50	100	77	77	—
<i>2-й севооборот, 71,4 % зерновых</i>						
Нут	45	76	154	98	93	—
	31	71	104	94	75	—
Пшеница	66	132	160	102	115	114
	53	127	141	96	104	98
Ячмень	78	146	177	136	134	—
	70	111	156	126	115	—
<i>3-й севооборот, 85,8 % зерновых</i>						
Черный пар	224	216	341	240	255	—
	186	189	289	210	219	—
Пшеница	60	80	191	112	111	176
	58	94	109	100	90	147
Пшеница	94	176	228	126	156	—
	80	126	304	103	130	—
Пшеница	136	192	268	131	182	—
	103	171	198	126	150	—

детельствует о наличии положительной взаимосвязи между активностью фермента и общей численностью микроорганизмов почвы, а также о микробиологическом происхождении значительного его количества. Кроме того, период наибольшей активности пероксидазы совпадает с периодом наименьшей активности полифенолоксидазы, что указывает на их участие в разных биохимических превращениях гумусовых веществ, причем максимум активности этих ферментов приходится на разные интервалы рН почвенного раствора.

По активности пероксидазы почва удобренных участков мало отличалась от неудобренных, то же можно сказать и о севооборотах. В отличие от рассмотренных выше ферментов ее активность значительно возрастала к концу ротации севооборотов.

Урожайность зерновых культур и продуктивность светло-каштановой почвы

Относительно высокий общий уровень урожайности полевых культур в экспериментальных севооборотах объясняется благоприятными погодными условиями в период проведения опытов.

При увеличении доли зерновых культур в севообороте с 57,2 % до 71,4 и 85,8 % урожайность зерновых культур резко снижалась как на I фоне (без удобрений), так и на II и III фонах, но при внесении удобрений падение урожайности было все же несколько меньше (табл. 4).

Так, если по I фону в среднем за 3 года различия в урожайности зерновых культур между 1-м севооборотом, с одной стороны, и 2-м и 3-м — с другой, составили соот-

Т а б л и ц а 4
Урожайность зерновых культур и выход зерна с 1 га севооборотной площади (ц/га)

Севооборот	Урожайность				Выход зерна			
	1983 г.	1984 г.	1985 г.	среднее	1983 г.	1984 г.	1985 г.	среднее
<i>I фон (без удобрений)</i>								
1-й (57,2 % зерновых)	29,3	24,8	27,0	27,1	16,7	14,2	15,5	15,5
2-й (71,4 % зерновых)	20,8	16,2	19,7	18,9	16,0	12,7	15,5	14,7
3-й (85,8 % зерновых)	15,3	15,4	16,3	15,7	13,1	13,3	14,0	13,5
<i>II фон (современный)</i>								
1-й	38,5	37,2	38,4	38,0	22,0	21,3	21,9	21,7
2-й	31,3	30,8	35,6	32,6	24,1	23,3	27,1	24,8
3-й	26,2	28,6	29,8	28,2	32,5	24,5	25,6	24,2
<i>III фон (перспективный)</i>								
1-й	43,0	43,8	45,0	43,9	24,6	25,0	25,7	25,1
2-й	34,0	42,8	43,7	39,8	26,2	31,7	33,1	30,0
3-й	41,4	35,1	35,5	34,0	26,9	30,1	30,5	29,2
НСР ₀₅ :								
по севооборотам				1,18	—	—	—	—
по фонам				2,88				

ветственно 8,2 и 11,4 ц/га, то по II фону — 5,4 и 9,8, по III — 4,1 и 9,9 ц/га. Однако и урожайность этих культур при внесении удобрений была значительно выше.

Если сравнить урожайность озимых зерновых в севооборотах и бессеменной озимой пшеницы, то можно констатировать значительное ее снижение в последнем случае. За 5 лет средний урожай бессеменной озимой пшеницы на II фоне удобрения составил 24,6 ц/га, а в севооборотах он варьировал от 28,2 до 38 ц/га.

В качестве показателя общей оценки продуктивности севооборотов часто используется выход зерна с единицы севооборотной площади. В нашем опыте его значение закономерно возрастало с ростом урожая зерновых культур во всех севооборотах (табл. 4). Что касается влияния удобрений на этот показатель, то оно при разной структуре посевов не было однозначным. Положительное влияние II и III фонов удобрения на выход зерна увеличивалось с ростом доли зерновых культур в севообороте от 57,2 до 71,4 %. Дальнейшее ее повышение до 85,8 % было уже неэффективным.

Полная экономическая оценка севооборота предполагает учет урожая, получаемого в сумме со всех полей севооборота. Этот суммарный урожай может быть выражен или

в кормовых единицах, или оценен по своей стоимости.

Наши исследования показали (табл. 5), что в 1-м севообороте достигается самая высокая продуктивность пашни на всех фонах питания, причем максимальной она была на III фоне.

Увеличение доли зерновых в структуре посевных площадей до 71,4 и 85,8 % обусловило снижение продуктивности севооборотов на I фоне соответственно на 20 и 27 %. При систематическом внесении удобрений это снижение было значительно меньше: на 7,8 % — по II фону и на 10 и 7 % — по III. Таким образом, в наших опытах в конкретных почвенно-климатических условиях подтверждается положение об уменьшении роли чередования культур при интенсивном применении удобрений. Вместе с тем полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что повышение доли тех или иных культур в севообороте, их специализация (в нашем случае зерновая) не имеют достаточного агрономического обоснования. Узкая специализация нарушает условия воспроизводства плодородия почвы (особенно расширенного), а также обмен веществ и энергии в системе почва — растение, приводит к негативным экологическим процессам, снижает урожай и его качество. В связи с этим современное, преимущественно экономическое, обоснование узкой специализации растениеводства и соответствующий практический курс представляются нам спорными с точки зрения системного подхода к решению проблем земледелия. Здесь нельзя не сослаться на мнение В. А. Ковды, который подчеркивает обязательность экологического соответствия земледелия почвенному покрову, рельефу, климату. Сохранение для почвы «ее жизненной функции» — более важ-

Таблица 5

Продуктивность зерновых севооборотов (корм. ед./га) в зависимости от их специализации и применяемых удобрений в среднем за 1983—1985 гг.

Севооборот	I фон	II фон	III фон
1-й	2759	4061	5157
2-й	2214	2768	4651
3-й	2016	3751	4799

ная задача, чем получение в конкретных условиях наибольшего экономического эффекта. В этом отношении «здоровье почвы», расширенное воспроизводство почвенного плодородия представляют собой фундаментальное исходное положение для высокоэффективного земледелия, а не наоборот.

При разработке системы земледелия, составлении схем севооборотов, т. е. в решении сугубо практических технологических вопросов, необходимы конкретные нормативы, основанные на оценке разных предшественников для ведущих сельскохозяйственных культур.

Выводы

1. В богарном земледелии Азербайджана среди изученных вариантов специализированных зерновых севооборотов лучшие условия воспроизводства органического вещества почвы обеспечивает севооборот с насыщением зерновыми 57,2 %. В этом случае в почву ежегодно поступает 21,4 % ц сухого органического вещества растительных остатков; в севообороте с 71,4 % зерновых — 17,5; с 85,8 % зерновых — 17,8 ц/га.

2. Систематическое применение принятых в настоящее время и перспективных норм минеральных удобрений способствовало заметному увеличению количества растительных остатков, поступающих в почву. При бессменной культуре озимой пшеницы на фоне принятых в настоящее время норм NPK значение данного показателя было наименьшим.

3. В специализированных севооборотах и при бессменной культуре озимой пшеницы во всех вариантах удобрения отмечен дефицитный баланс органического вещества в слое почвы 0—40 см. В целом дефицит гумуса не очень

значительный, но он выше в севооборотах с большим насыщением зерновыми культурами.

4. Светло-каштановая почва опытных участков характеризуется относительно низким содержанием гуминовых кислот в составе гумуса и высоким содержанием фульвокислот, $C_{гк}:C_{фк}$ несколько больше 1.

5. Последовательное увеличение в севооборотах доли зерновых культур (57,2, 71,4 и 85,8 %) по всем трем фонов питания не привело к заметным изменениям ферментативной активности почвы, что, по нашему мнению, объясняется прежде всего генетическими особенностями светло-каштановых почв.

6. Указанное повышение доли зерновых культур в севооборотах независимо от норм вносимых минеральных удобрений вызывало резкое ухудшение фитосанитарного состояния посевов, что является основной причиной снижения продуктивности пашни. Общее количество сорных растений в севооборотах с насыщением зерновыми 71,4 и 85,8 % по сравнению с севооборотом с 57,2 % зерновых увеличилось соответственно на 14 и 76 %, а при бессменном возделывании озимой пшеницы — в 2 раза. С повышением доли зерновых культур отмечалось прогрессирующее развитие основных для данного региона болезней зерновых: мучнистой росы, бурой ржавчины и твердой головни. Применение минеральных туков несколько снижало поражаемость растений.

7. В условиях эксперимента не установлено достоверных различий севооборотов по содержанию в слое почвы 0—40 см подвижных форм NPK. Внесение минеральных удобрений улучшало питательный режим светло-каштановой почвы.

8. Урожайность зерновых культур на всех трех фонах питания заметно снижалась по мере увели-

чения доли зерновых культур в севооборотах.

9. При насыщении севооборота зерновыми 57,2 % обеспечивалась максимальная его продуктивность во всех вариантах удобрения. В этом же севообороте создавались наилучшие условия для воспроизводства почвенного плодородия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воробьев С. А.* Севообороты интенсивного земледелия.— М.: Колос,

1979.— 2. *Земледелие* / Под ред. С. А. Воробьева.— М.: Агропромиздат, 1991.— 3. *Лыков А. М.* Гумус и плодородие почвы.— М.: Московский рабочий, 1985.— 4. *Лыков А. М., Гриценко В. В., Кауричев И. С.* Современные системы земледелия: сущность, теоретические основы, принципы разработки и освоения.— *Земледелие*, 1986, № 12, с. 9—14.— 5. *Нарциссов В. П.* Научные основы систем земледелия. (II изд.)— М.: Колос, 1982.— 6. *Сидоров М. И.* Зональные системы земледелия, их разработки и освоение.— *Вестник с.-х. науки*, 1983, № 2.
Статья поступила 22 ноября 1991 г.

SUMMARY

Assessments of the efficiency of specialized rotations with different amount of grain crops, as well as of fertilization systems for reproducing the fertility of light-chestnut soil and of their effect on seedbed productivity under bogharic agriculture in Azerbaijan are given in the paper.

Известия ТСХА, выпуск 3 1992 год

УДК 631.452:631.559.2:[631.8+631.51

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОТРАВЯНОГО СЕВОБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, ИЗВЕСТКОВАНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

И. Г. ПЛАТОНОВ, Г. Г. МАНОЛИЙ, К. А. МИРОНЫЧЕВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Рассматривается проблема минимализации обработки дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой почвы в зернотравяном севообороте. Экспериментально подтверждено, что поверхностная и плоскорезная системы обработки при известковании и внесении минеральных удобрений приводят к дифференциации пахотного слоя по плодородию и повышению продуктивности севооборота.

Гетерогенное строение пахотного слоя положительно влияет на поступление азота и калия в растения озимой пшеницы и овса на ранних стадиях онтогенеза. В потреблении растениями фосфора различий по системам обработки не выявлено.

В последние годы совершенствование обработки почвы проводится в основном в направлении ее мини-

мализации. Переход от ежегодной глубокой вспашки к минимальной обработке на фоне применения ме-

лиорантов, удобрений, пестицидов приводит прежде всего к изменению строения, свойств и режимов пахотного горизонта. Об этом свидетельствуют результаты многих исследований [1, 2, 4, 7—14]. Однако общий эффект влияния минимализации на окультуривание дерново-подзолистых почв, питание растений и поведение химических элементов пока неясен.

В задачу наших исследований входило изучить закономерности изменения агрохимических свойств дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы и питания растений под влиянием известкования и внесения минеральных удобрений на фоне энергосберегающих технологий минимальной обработки почвы и дать комплексную оценку эволюции плодородия почвы. Трехфакторный полевой стационарный опыт $7 \times 2 \times 2$ был заложен на опытном поле в учхозе «Михайловское» Московской области методом расщепленных деленок в 1972 г. по схеме, разработанной А. И. Пупониным. Полная схема опыта приведена в ранее опубликованных работах [9, 10].

Методика

В данной статье излагаются результаты исследований, выполненных в зернотравяном севообороте в вариантах со следующими системами обработки почвы: 1 — отвальная (контроль) — лущение на 5—6 см + вспашка на 20—22 см, предпосевная обработка и посев соответствовали рекомендациям для данной зоны; 2 — нулевая — без основной обработки почвы, предпосевное фрезерование на 6—8 см и одновременный посев комбинированным агрегатом КА-3,6; 3 — поверхностная — в качестве основной обработки лущение на 5—6 см в 2 следа, предпосевная обработка и посев те же, что в варианте 2; 4 — ро-

торная — лущение на 5—6 см + обработка ротационным плугом на 20—22 см, весенняя обработка и посев те же, что в варианте 2; 5 — плоскорезная — лущение на 5—6 см + рыхление плоскорезом-глубокорыхлителем на 20—22 см, остальные операции те же, что в варианте 2; 6 — сочетание отвальной и нулевой — основная обработка, как в контроле, предпосевная обработка и посев, как в варианте 2.

Чередование культур в севообороте было следующим: бобово-злаковая смесь, озимая пшеница, овес, ячмень. До 1983 г. вместо овса возделывалась озимая пшеница. Во всех вариантах применяли гербициды. Обработка ими включала опрыскивание в фазу кущения зерновых культур 2,4-Д в дозе 0,8 кг д. в. на 1 га, до всходов озимой пшеницы — симазин 0,25 кг д. в., до посева бобово-злаковой смеси — реглон 0,8 кг д. в. на 1 га. После уборки озимой пшеницы в 1976 г. в вариантах 2, 3 и 5 применяли аминную соль 2,4-Д в дозе 1 кг д. в. на 1 га, осенью 1982 г. после посева озимой пшеницы (до появления всходов) почву обрабатывали линуроном в дозе 0,75 кг д. в. на 1 га, а после ее уборки (1983 г.) в вариантах 2 и 5 применяли глифосат в дозе 3 кг д. в. на 1 га.

Повторность 4-кратная.

В опыте выращивали озимую пшеницу сорта Мироновская 808, ячмень сортов Московский 121, Надя, Зазерский 85, вику Льговскую, овес Геркулес и Астор, горох Кормовой 24. Агротехника возделывания полевых культур соответствовала рекомендациям для данной зоны и опыту передовых хозяйств.

Известкование опытного участка проводили под основную обработку почвы согласно схеме опыта в 1973 г. (известковая мука) и 1981 г. (доломитовая мука) осенью по полной гидролитической кислотности.

ветственно 6, 80, 30 и 25. Значения коэффициентов «к» и «п» приняты 5 и 3.

Результаты

Перед закладкой опыта дерново-слабоподзолистая почва была слабокультуренной. СПКП 0,1 (рисунок), средняя мощность пахотного горизонта — 20—22 см, содержание гумуса — 1,26 %, сумма обменных оснований — 10,8 мг экв на 100 г, рН—4,5, содержание подвижного фосфора — 7,9, обменного калия — 6,8 мг на 100 г.

Периодическое известкование, ежегодное внесение минеральных удобрений на планируемый урожай, соблюдение севооборотов и правильная агротехника приводили к повышению плодородия почвы при всех системах обработки. Однако динамика роста СПКП значительно различалась по слоям пахотного горизонта и системам обработки. Ежегодное перепахивание растительных остатков, извести и удобрений со слоем почвы 0—10 см при поверхностной, нулевой, плоскорезной обработках определяло наибольший подъем уровня СПКП этого слоя. Значение СПКП не обрабатываемого при минимальных обработках слоя (10—20 см) в течение 6 лет опыта возросло до 0,5, а на 13-й год снизилось до 0,24 при нулевой и до 0,33 при поверхностной обработках почвы. Последнее вызвано уменьшением содержания обменных оснований, калия, подвижного фосфора в результате выноса этих элементов с урожаем и выщелачивания их за пределы пахотного слоя со временем. Значительный рост плодородия слоя почвы 20—30 см отмечен только при системе отвальной обработки и ее сочетании с минимальной.

При системах без оборота пласта

происходило более резкое увеличение СПКП пахотного слоя в первые годы опыта, чем в вариантах, включающих отвальную вспашку. Со временем динамика прироста СПКП выравнивалась по всем системам обработки. Через 6 лет в вариантах нулевой и поверхностной обработок происходило снижение СПКП пахотного слоя. За 13 лет изучаемые агрохимические свойства приблизились к оптимальным параметрам при роторной обработке и сочетании систем обработок: здесь СПКП был на 0,30—0,45 единицы выше, чем в вариантах с нулевой и поверхностной обработками.

Рост плодородия дерново-слабоподзолистой почвы определялся прежде всего снижением всех форм кислотности (табл. 1) и накоплением питательных элементов (табл. 3) в пахотном слое. Наиболее быстро и эффективно достигалось регулирование кислотности в этом слое. Внесение извести по полной норме с заделкой ее в слой почвы 0—10 см (системы нулевой, поверхностной и плоскорезной обработок) позволило нейтрализовать ее кислотность до оптимальной для роста культур в первый год известкования. При системах обработки, включающих отвальную вспашку, наблюдалось снижение кислотности слоя почвы 10—30 см. Выравнивание значений рН пахотного слоя отмечалось после ряда отвальных обработок.

Длительная (в течение 13 лет) поверхностная обработка почвы и заделка минеральных удобрений в слой 0—10 см приводили к незначительному подкислению поверхностных слоев почвы: значения рН снижались между турами известкования на 0,4—0,2 единицы, но тем не менее на протяжении всего опыта были оптимальными или близкими к оптимальным. При системах обработки, включающих отвальную

Таблица 1

Изменение кислотности дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы по годам опыта

Система обработки	Слой почвы, см	1972 (исх.)	1974	1978	1982	1986
<i>pH_{соx}</i>						
Отвальная (контроль)	0—10	4,6	4,4	5,0	5,1	5,2
	10—20	4,5	5,0	5,0	5,9	5,2
	20—30	4,4	5,0	5,0	4,8	4,9
Нулевая	0—10	4,6	5,9	5,7	6,1	5,8
	10—20	4,4	5,0	5,0	5,0	5,2
	20—30	4,3	4,8	4,1	4,4	4,6
Поверхностная	0—10	4,4	6,0	5,6	6,0	5,8
	10—20	4,4	5,2	5,1	4,6	5,1
	20—30	4,3	4,9	4,3	4,4	4,7
Роторная	0—10	4,5	5,5	4,9	5,9	5,4
	10—20	4,4	5,1	5,1	5,3	5,5
	20—30	4,4	4,7	4,5	4,7	4,7
Плоскорезная	0—10	4,5	6,1	5,7	6,1	5,7
	10—20	4,4	5,1	4,9	5,2	4,3
	20—30	4,5	4,7	4,2	4,4	4,6
Сочетание отвальной и нулевой	0—10	4,5	4,4	4,8	5,2	5,6
	10—20	4,6	5,3	4,8	6,2	5,5
	20—30	4,5	5,2	4,8	4,8	5,1
<i>Гидролитическая кислотность, мг·экв/100 г</i>						
Отвальная (контроль)	0—10	4,1	4,9	4,4	2,9	2,9
	10—10	4,2	3,8	4,2	2,2	3,4
	20—30	3,7	3,6	4,0	3,3	3,2
Нулевая	0—10	3,9	2,7	2,9	1,8	2,1
	10—20	4,2	3,8	3,9	3,2	3,3
	20—30	3,9	4,1	5,1	3,4	3,3
Поверхностная	0—10	4,2	2,7	3,3	1,9	2,2
	10—20	4,3	3,8	4,2	3,8	3,5
	20—30	3,9	3,5	4,8	3,7	3,3
Роторная	0—10	4,1	3,0	4,1	2,0	2,7
	10—20	4,2	3,4	3,9	2,9	2,9
	20—30	3,6	3,5	4,2	3,7	3,4
Плоскорезная	0—10	4,2	2,6	3,2	2,0	2,4
	10—20	4,3	3,9	4,2	3,3	3,0
	20—30	3,7	3,8	5,2	3,9	3,6
Сочетание отвальной и нулевой	0—10	4,3	4,9	4,5	3,2	2,3
	10—20	4,2	3,5	3,7	1,7	2,7
	20—30	3,8	3,4	3,8	3,5	2,9
<i>Подвижный алюминий, мг/100 г</i>						
Отвальная (контроль)	0—10	1,6	2,1	2,6	0,1	0,05
	10—20	1,7	1,1	2,3	Нет	0,05
	20—30	2,4	1,5	2,5	0,5	0,41
Нулевая	0—10	1,6	1,0	0,8	Нет	Нет
	10—20	2,0	1,4	2,5	0,3	»
	20—30	2,2	2,4	12,2	1,5	1,21
Поверхностная	0—10	2,1	0,8	1,1	Нет	Нет
	10—20	1,9	1,3	1,4	0,5	»
	20—30	2,2	2,4	10,3	1,9	0,68
Роторная	0—10	2,0	0,8	2,1	Нет	Нет
	10—20	1,5	1,0	2,2	»	»
	20—30	2,2	1,3	2,8	2,0	0,78
Плоскорезная	0—10	2,0	0,7	1,3	Нет	Нет
	10—20	2,2	1,5	2,0	0,2	»
	20—30	3,1	2,7	11,7	3,2	2,16
Сочетание отвальной и нулевой	0—10	2,1	2,4	1,7	0,1	Нет
	10—20	1,9	1,3	1,5	Нет	»
	20—30	2,5	1,3	2,0	»	0,01

вспышку, значения рН между турами известкования падали до критического уровня.

Количество подвижного алюминия после известкования резко снижалось, а после повторного известкования весь подвижный алюминий переходил в труднорастворимые соединения.

Замещение ионов водорода в почвенно-поглощающем комплексе на щелочно-земельные основания приводило к снижению гидролитической кислотности и возрастанию степени насыщенности почв основаниями. Наиболее быстро это происходило в слоях локализации известки (табл. 2).

При системах поверхностной обработки степень насыщенности основаниями достигала оптимального уровня в слое 0—10 см, при системах, включающих вспашку, была наиболее высокой в слоях почвы 10—20 и 20—30 см. Таким образом, лучшие для роста растений кислотнo-основные свойства дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы создавались после известко-

вания при системах минимальной обработки.

Данные табл. 3 показывают, что применение больших норм азотных удобрений в условиях проведения опыта не оказало большого влияния на содержание легкогидролизуемого азота в почве. Вместе с тем в слое 0—10 см оно было больше, чем в нижележащих, особенно в вариантах без вспашки.

Ежегодное внесение фосфорных удобрений на планируемый урожай приводило к накоплению этого элемента в пахотном слое. При ежегодной вспашке фосфор равномерно распределялся в пахотном слое, при поверхностных обработках он накапливался в верхних слоях почвы, а с глубиной содержание его резко снижалось. Фиксация фосфора почвами обычно происходит в результате адсорбции или осаждения его катионами кальция, алюминия и железа. В исследуемых почвах преобладающими были катионы железа (табл. 4): на долю железосоединений приходилось 50 % «активных» фосфатов. Известкование почвы и дове-

Таблица 2

Степень насыщенности почв основаниями (%) по годам опыта

Система обработки	Слой почвы, см	1972 (исх.)	1974	1978	1982	1986
Отвальная (контроль)	0—10	71,7	60,6	66,0	78,8	74,6
	10—20	71,9	69,6	67,7	85,2	71,9
	20—30	74,2	71,8	74,5	73,8	72,9
Нулевая	0—10	72,2	81,4	80,2	89,6	81,6
	10—20	72,6	71,2	69,1	76,3	73,0
	20—30	73,3	70,7	62,4	78,8	71,1
Поверхностная	0—10	71,7	82,4	78,7	88,6	80,4
	10—20	71,1	72,5	69,9	71,3	70,8
	20—30	72,5	73,4	63,4	69,9	68,9
Роторная	0—10	71,4	74,7	69,6	86,6	75,5
	10—20	71,8	74,0	74,2	79,4	76,4
	20—30	74,8	73,4	71,1	74,6	72,8
Плоскорезная	0—10	71,4	81,7	77,6	87,6	78,4
	10—20	71,9	71,0	67,2	75,2	75,4
	20—30	73,8	71,0	66,7	68,6	70,7
Сочетание отвальной и нулевой	0—10	69,6	63,6	68,2	76,9	80,2
	10—20	72,3	74,3	75,2	90,4	79,2
	20—30	74,2	75,0	72,8	73,4	76,4

Таблица 3

Содержание легкогидролизуемого азота, P_2O_5 и K_2O (мг/100 г) в дерново-подзолистой почве по годам опыта

Система обработки почвы	Слой, см	1974	1978	1982	1986
<i>Азот</i>					
Отвальная (контроль)	0—10	9,0	6,0	7,4	—
	10—20	7,8	4,5	7,5	—
	20—30	6,5	4,8	6,7	—
Нулевая	0—10	8,2	6,1	8,9	—
	10—20	7,2	4,5	7,6	—
	20—30	5,9	3,2	6,0	—
Поверхностная	0—10	8,1	7,3	9,9	—
	10—20	7,5	5,0	8,2	—
	20—30	6,4	3,7	7,5	—
Роторная	0—10	8,0	5,6	8,5	—
	10—20	7,4	4,4	6,4	—
	20—30	6,4	3,2	5,0	—
Плоскорезная	0—10	7,7	6,4	8,8	—
	10—20	7,0	6,3	7,4	—
	20—30	6,2	4,3	5,3	—
Сочетание отвальной и нулевой	0—10	8,6	5,5	7,6	—
	10—20	7,9	5,0	7,6	—
	20—30	7,3	4,1	6,0	—
<i>P_2O_5</i>					
Отвальная (контроль)	0—10	6,9	12,7	16,0	13,8
	10—20	8,6	12,2	17,6	18,0
	20—30	7,0	10,5	9,7	12,5
Нулевая	0—10	14,4	32,5	34,3	30,8
	10—20	7,3	13,3	13,0	11,2
	20—30	4,7	5,7	5,4	7,5
Поверхностная	0—10	17,3	30,0	33,3	28,1
	10—20	9,1	14,7	13,2	13,4
	20—30	5,1	5,8	5,0	5,8
Роторная	0—10	14,2	17,2	22,8	20,9
	10—20	10,9	14,8	13,2	20,1
	20—30	6,9	6,0	6,5	9,5
Плоскорезная	0—10	17,9	32,5	31,0	27,1
	10—20	10,1	13,1	14,9	17,9
	20—30	6,3	5,2	5,6	6,8
Сочетание отвальной и нулевой	0—10	7,3	13,6	16,3	20,7
	10—20	8,8	11,5	18,4	20,8
	20—30	8,3	9,1	9,6	15,1
<i>K_2O</i>					
Отвальная (контроль)	0—10	12,8	19,1	20,2	21,9
	10—20	15,8	19,8	25,4	21,4
	20—30	9,9	12,9	17,0	13,4
Нулевая	0—10	17,1	34,3	38,0	44,2
	10—20	12,3	14,4	12,7	7,6
	20—30	29,0	9,2	7,9	10,0
Поверхностная	0—10	18,7	30,6	33,6	40,1
	10—20	14,6	13,3	13,0	10,6
	20—30	10,2	8,8	7,4	7,9
Роторная	0—10	18,4	20,3	30,7	33,1
	10—20	11,8	14,1	17,7	18,9
	20—30	8,8	10,3	10,7	10,9
Плоскорезная	0—10	18,3	36,2	33,4	37,5
	10—20	11,7	14,4	15,8	12,9
	20—30	10,5	8,5	8,8	8,1
Сочетание отвальной и нулевой	0—10	11,2	20,9	18,6	28,5
	10—20	14,4	19,6	24,0	21,2
	20—30	11,0	11,8	16,6	15,9

дение рН до 6,1 не приводило к перегруппировке фосфатов.

По мере окультуривания дерново-подзолистой почвы происходило увеличение суммы «активных» фосфатов. При этом наибольшей она была в слое 0—10 см при поверхностных обработках.

Наивысшая концентрация калия отмечалась в местах его поступления в почву. Так, на делянках, где вспашка не проводилась, обменный калий накапливался в слое почвы 0—10 см, и с глубиной содержание его резко падало (табл. 3). За 9 лет за счет внесения удобрений и растительных остатков здесь локализовалось более 60 % обменного калия от общего его содержания в пахотном горизонте. Через 13 лет в вариантах с системами нулевой, поверхностной и плоскорезной обра-

боток значение этого показателя в 10-сантиметровом слое почвы было в 2,1—3,0 раза выше, чем в нижележащих слоях. На делянках с ежегодной роторной и отвальной вспашкой обменный калий распределялся в пахотном горизонте равномерно.

Таким образом, дерново-подзолистая почва без вспашки слабо нарушается, а размещение растительных остатков, извести, удобрений в поверхностном слое приводит к дифференциации пахотного горизонта по плодородию. При этом в слое почвы 0—10 см происходит значительное накопление дитательных элементов, что определенным образом влияет на минеральное питание растений.

Наши исследования показали, что замена вспашки поверхностной об-

Таблица 4
Фракционный состав минеральных фосфатов (мг/100 г) дерново-подзолистой почвы

Система обработки	Слой см	Группы фосфатов				Сумма «активных» фосфатов
		рыхло- связан- ные	Al-P	Fe-P	Ca-P	
<i>1974 г.</i>						
Отвальная (контроль)	0—10	Сл.	9,0	24,8	8,9	42,7
	10—20	»	11,1	32,2	12,3	55,6
	20—30	1,2	10,3	23,0	9,0	43,5
Поверхностная	0—10	Сл.	21,6	33,7	17,3	72,6
	10—20	»	13,1	32,4	15,0	60,5
	20—30	0,3	9,2	30,2	12,0	51,7
Плоскорезная	0—10	Сл.	18,7	35,6	14,7	69,0
	10—20	»	11,9	33,4	10,6	55,9
	20—30	»	9,6	27,1	13,0	49,7
<i>1978 г.</i>						
Отвальная (контроль)	0—10	Сл.	20,7	32,4	14,0	67,1
	10—20	»	18,9	33,0	8,4	60,3
	20—30	»	16,2	27,6	13,7	57,5
Поверхностная	0—10	»	30,6	35,9	11,9	78,4
	10—20	»	17,8	31,2	19,3	68,3
	20—30	»	11,0	26,9	12,6	50,4
Плоскорезная	0—10	2,0	35,7	34,9	91,2	93,8
	10—20	Сл.	17,2	32,6	9,2	59,0
	20—30	»	10,9	27,0	12,2	50,1

стема поверхностной обработки. За 14 лет в этом варианте сбор основной продукции составил 570 ц корм. ед. с 1 га, т. е. был на 6 % выше, чем в контроле. Тенденция повышения продуктивности севооборота отмечена и при системах роторной, плоскорезной обработок и сочетании отвальной с нулевой. Следовательно, прирост урожая был получен при таких обработках, которые обеспечивали наиболее высокие значения СПКП слоя почвы 0—10 см. Снижение урожая в варианте с нулевой обработкой, очевидно, произошло из-за ухудшения фитосанитарного состояния посевов.

Анализ зависимости продуктивности озимой пшеницы от значений СПКП в среднем за 5 лет (1975, 1976, 1979, 1983 и 1987) проводили на машине IBM по программе «CRA-15» по 15 функциям. На основании данных корреляционно-регрессионного анализа были получены следующие уравнения регрессии и индексы корреляции:

0—10 см $y = 41,9847 + 25,6502 \cdot x^{3,5}$ 0,47;
10—20 см $y = 48,9829 + 51,0577 \cdot x^4$ 0,51;
20—30 см $y = 61,0702 \cdot x(0,0305 + x)$ 0,34;
0—20 см $y = 43,4496 + 55,9173 \cdot x^{3,5}$ 0,57.

Из них следует, что между СПКП и урожайностью имеется средняя корреляционная связь, но наиболее высокая — между урожайностью озимой пшеницы и СПКП слоя почвы 0—20 см (пахотного).

Выводы

1. В Центральном районе Нечерноземной зоны России системы обработки, условно названные поверхностной, роторной, плоскорезной, сочетанием отвальной и нулевой, в зернотравяном севообороте при высоком уровне агротехники (внесение удобрений на планируемую урожайность, применение гербицидов, периодическое известкование и др.)

способствуют росту плодородия дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы и обуславливают тенденцию к повышению урожайности полевых культур по сравнению с ее уровнем, получаемым при системе отвальной обработки и прочих равных условий.

2. Исключение из системы обработки этой почвы на длительный период вспашки приводит к дифференциации пахотного горизонта по плодородию, что улучшает минеральное питание растений, повышает урожайность ряда полевых культур и оказывает в целом положительное влияние на продуктивность зернотравяного севооборота.

3. После достижения оптимальных параметров агрохимических свойств почвы в слое 0—10 см рост плодородия пахотного горизонта при длительной поверхностной обработке замедляется, значение СПКП в этом случае ниже, чем в вариантах с системами, включающими механическую обработку на полную глубину пахотного горизонта.

4. Требуется дальнейшее уточнение оптимальных агрохимических параметров и свойств пахотного слоя при его дифференциации в процессе проведения поверхностных обработок для всех возделываемых в севообороте культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин Н. С. Повышение плодородия кислых почв. — М.: Сельхозгиз, 1960. — 2. Авдонин Н. С. Новые данные по известкованию / VIII Международный конгресс по минеральным удобрениям. — М.: Колос, 1976, ч. I, с. 3. — 3. Гринченко Т. А., Егоршин А. А. Комплексная оценка эволюции плодородия почв и степени их окультуренности при длительном воздействии мелиорации и удобрений. — *Агрохимия*, 1984, № 11, с. 82—88. — 4. Доспехов Б. А., Васильев И. П., Маймусов В. Н., Вер-

щак М. В. Действие трехъярусной вспашки в сочетании с фрезерной обработкой на свойства дерново-подзолистой почвы и урожай. — Докл. ТСХА, 1975, вып. 214, с. 69. — 5. Доспехов Б. А., Кирюшин Б. Д., Братерская А. Н. Действие 60-летнего применения удобрений, периодического известкования и севооборота на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы. — Агрохимия, 1976, № 4, с. 3—4. — 6. Кулаковская Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. — М.: Агропромиздат, 1990, с. 219. — 7. Лебедева Л. А. Сравнительное действие минеральных удобрений при длительном и однократном применении на свойства дерново-подзолистой почвы и урожай культур. — Агрохимия, 1981, № 5, с. 107. — 8. Петербургский А. В. Применение удобрений, урожай и баланс питательных веществ в земледелии СССР. — В сб.: Значение почвенных исследований в решении Продовольственной программы. Докл. генерального симпозиума VI съезда Всесоюзного общества почвоведов. — Тбилиси, 1981, с. 100. — 9. Пупонин А. И.

Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. — М.: Колос, 1984. — 10. Пупонин А. И., Платонов И. Г., Манолий Г. Г., Миронычев К. А. Эффективность известкования при разных системах обработки почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. — Агрохимия, 1990, № 1, с. 66—73. — 11. Саранин К. И., Оглезнева В. В. Зимостойкость озимой пшеницы в зависимости от приемов ее возделывания. — В сб.: Интенсификация земледелия. — М.: НИИСХЦРНЗ, 1976, с. 90. — 12. Титов Г. А. Агрохимические свойства почвы при использовании минеральных приемов обработки. — В сб.: Совершенствование приемов обработки дерново-подзолистых почв и агротехники полевых культур. — М.: ВАСХНИЛ, 1978, вып. 45, с. 3. — 13. Шильников И. А., Лебедева Л. А. Известкование почв. — М.: Агропромиздат, 1987, с. 171. — 14. Юркин С. Н., Благовещенская З. К., Пименов А. А. Повышение коэффициента использования удобрений. — М.: ВНИИТЭИСХ, 1976.

Статья поступила 22 ноября 1991 г.

SUMMARY

The problem of minimal tillage of soddy-slightly podzolic medium-textured loam in cereal-grass rotation is discussed. It has been confirmed experimentally that surface and flat-cutting tillage systems in combination with liming and application of mineral fertilizers result in differentiation of arable layer in fertility and in the increase in productivity of crop rotation.

Heterogenic structure of the arable layer produces beneficial effect on entering nitrogen and potassium into plants of winter wheat and oats at early stages of ontogenesis. No difference in consuming phosphorus by plants connected with tillage systems has been found.