

УДК 631.445.4(470.57)

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ЮЖНОГО УРАЛА

А.В. ЗАХАРЕНКО, Р.С. КИРАЕВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Приводятся результаты многолетних исследований по регулированию плодородия лесостепных черноземов в адаптивно-ландшафтном земледелии Южного Урала. Установлены агроэкологические закономерности изменения количественных и качественных параметров плодородия черноземных почв под влиянием многолетнего применения отдельных элементов системы земледелия и их сочетаний. Обоснована роль севооборотов, систем обработки почвы, систем удобрений и известкования в воспроизводстве плодородия лесостепных черноземов. Определено влияние удобрений и известкования на содержание подвижных форм тяжелых металлов и радионуклидов в почве и их поступление в растения. Дана интегральная эколого-энергетическая оценка плодородия черноземных почв в системах земледелия Южного Урала.

Черноземы на Южном Урале являются преобладающим типом почв. Общая площадь пахотных черноземных почв составляет 10,95 млн га, или 76,7% площади пахотных угодий. На территории региона встречаются все основные подтипы черноземов: лесостепные (оподзоленные, выщелоченные и типичные) и степные (обыкновенные и южные). Преобладающими в почвенном по-

крове пахотных угодий как Южного Урала в целом, так и Башкортостана являются черноземы выщелоченные (соответственно 21 и 28% общей площади пашни) [2].

За последние десятилетия вследствие интенсивной, а в отдельных случаях и бессистемной антропогенной эксплуатации черноземов лесостепной зоны Южного Урала произошло заметное снижение уровня их эф-

фективного плодородия. В агроландшафтах отмечается отрицательный баланс гумуса и питательных элементов, гумусовый горизонт утрачивает благоприятный структурно-агрегатный состав, наблюдается тенденция к прогрессирующему подкислению и ухудшению физико-химических свойств пахотного слоя.

Для предотвращения дальнейшего развития этих негативных тенденций, в условиях заметного снижения объемов применения органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов и пестицидов, в современных системах земледелия лесостепной зоны Южного Урала приобретают особую актуальность вопросы научного обоснования и разработки ресурсосберегающих почвозащитных технологий, обеспечивающих воспроизводство плодородия черноземов и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Методика

Исследования проводили в 1979-1999 гг. на экспериментальной базе БГАУ (учхоз БГАУ Уфимского района Башкортостана) с использованием полевого, вегетационно-полевого и лабораторного методов. Почвы опытных участков: чернозем выщелоченный среднemosный высокогумусный тяжелосуглини-

стый на делювиальном карбонатном суглинке и чернозем оподзоленный тяжело-суглинистый на делювиальной карбонатной глине.

Методической основой работы был многофакторный эксперимент. Всего проведено: 6 многолетних многофакторных стационарных полевых опытов, один длительный стационарный полевой опыт, 5 краткосрочных 1-, 2- и 3-факторных полевых опыта, 3 вегетационно-полевых и 2 лабораторных опыта; в том числе:

— 3-факторный полевой стационарный опыт «Разработка ресурсосберегающей технологии воспроизводства плодородия выщелоченного чернозема и совершенствование систем земледелия»; заложен в 1992 г. В опыте изучаются 2 севооборота, 3 системы обработки почвы и 9 систем удобрений;

— 2-факторный длительный стационарный полевой опыт «Влияние севооборотов и бессменного возделывания культур на плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность культур»; заложен в 1958 г. В опыте изучаются 4 севооборота и 5 систем удобрений;

— 2-факторный полевой стационарный опыт «Влияние способов обработки почвы на плодородие эродированных земель и урожайность сельскохозяйственных

культур в севообороте»; заложен в 1984 г. В опыте изучаются 3 системы обработки почвы на 3 частях склона;

—полевой стационарный опыт «Влияние возрастающих доз извести и удобрений на плодородие почвы и продуктивность культур зерно-пропашного севооборота»; заложен в 1983 г. В опыте изучаются 4 дозы извести и 2 фона удобрений.

Исследования проводили в строгом соответствии с требованиями методики полевого опыта. Программы исследований и схемы экспериментов подробно описаны в работах [4, 5]. Полученные экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа с использованием разработанного на кафедре земледелия и методики опытного дела МСХА им. К.А. Тимирязева пакета прикладных программ «STRAZ» на ПЭВМ РС/АТ-386.

Результаты

Одним из основополагающих научных положений при разработке теоретических и практических основ регулирования плодородия черноземных почв лесостепной зоны Южного Урала является исследование закономерностей изменения количественных и качественных параметров органического ве-

щества пахотного слоя почвы при совершенствовании отдельных элементов системы земледелия и их сочетаний.

В наших исследованиях установлено, что возделывание сельскохозяйственных культур в плодосменном севообороте на неудобренном фоне в течение 37 лет (1958—1995 гг.) привело к снижению запасов гумуса в пахотном слое выщелоченного чернозема на 76,9 т/га, а в бессменном пару — на 126,4 т/га (табл. 1). При возделывании полевых культур в севооборотах темпы сокращения запасов гумуса в пахотном слое в среднем снижались на 60%, а при внесении удобрений — до 90% относительно бессменного возделывания культур и пара; при внесении удобрений под бессменные культуры и в паровом поле — в среднем на 31% относительно неудобренного фона, в то время как в севооборотах — на 55%. Увеличение запасов гумуса в пахотном слое (0–30 см) выщелоченного чернозема происходило лишь под залежью (за 37 лет — на 61,1 т/га).

Таким образом, динамика запасов гумуса в пахотном слое выщелоченного чернозема определяется соотношением в севооборотах доли пропашных и зерновых культур, наличием в них чистого пара и многолетних бобовых трав, а также внесением органичес-

Т а б л и ц а 1

Изменение запасов гумуса в пахотном слое (0-30 см) выщелоченного чернозема в зависимости от севооборота, бесменного возделывания культур и удобрений, т/га (1958-1995 гг.)

Вариант (% зерновых, фактор А)	Удобрения (фактор В)					
	без удобрений			НРК+навоз		
	запа- сы, 1995 г.	разни- ца, ±*	разни- ца, ± за год	запа- сы, 1995 г.	разни- ца, ±*	раз- ница, ± за год
<i>Севообороты</i>						
Плодосменный (50)	319,1	-76,9	-2,1	348,5	-47,5	-1,3
Зернопропашной (60)	312,2	-83,8	-2,3	338,9	-57,1	-1,5
Зернопропашной (83)	315,8	-80,2	-2,2	341,9	-54,1	-1,5
Зернопаропропашной (67)	307,6	-88,4	-2,4	335,6	-60,4	-1,5
<i>Бесменно</i>						
Яровая пшеница	301,3	-94,7	-2,6	324,7	-71,3	-1,9
Кукуруза	287,4	-108,6	-2,9	314,8	-81,2	-2,2
Картофель	280,5	-115,5	-3,1	308,2	-87,8	-2,4
Пар	269,6	-126,4	-3,4	301,3	-94,7	-2,6
Залежь	457,1	+61,1	+1,7	—	—	—
НСР ₀₅ А	4,3			4,3		
НСР ₀₅ В	5,7			5,7		

* Разница приведена по отношению к исходным запасам гумуса в 1958 г. — 396 т/га (Амиров, 1991).

ких и минеральных удобрений.

Введение и освоение зернопаропропашных (с сидеральным паром) и зернотравяных севооборотов при применении полного минерального удобрения и периодическом известковании способствовало увеличению запасов гумуса в пахотном слое лесостепных черноземов в среднем на 0,66—0,99 т/га в год с высоким содержанием фракции гуминовых кислот (до 37,6%) (табл. 2).

Важную роль в балансе органического вещества почвы играют послеуборочные растительные остатки сельскохозяйственных культур. В наших исследованиях установлено, что по количеству поступающих в почву пожнивно-корневых остатков культуры севооборотов располагаются в следующем порядке: многолетние травы > > донник > кукуруза > озимая рожь > яровая пшеница > викоовсяная смесь > > ячмень > горох > гречиха.

Т а б л и ц а 2

**Влияние элементов системы земледелия на изменение запасов
гумуса в пахотном слое почвы за ротацию севооборотов,
т/га (1993-1998 гг.)**

Вариант	Запасы в 1998 г.	Изменение запасов к исходному уровню*	
		т/га	т/га/год
<i>Севообороты и бессменные посевы</i>			
Зернопаропропашной (с сиде- ральным паром)	301,3	+4,6	+0,66
Зернотравяной	303,6	+6,93	+0,99
Бессменные посевы люцерны	305,6	+8,9	+1,27
Бессменный чистый пар	292,7	-4,0	-0,57
<i>Системы обработки почвы</i>			
Отвальная	294,7	-2,0	-0,29
Безотвальная	298,0	+1,3	+0,19
<i>Системы удобрений</i>			
НРК (фон, Ф)	295,7	-1,0	-0,14
Ф + известь	295,4	-1,3	-0,19
Навоз	299,3	+2,6	+0,37
Ф + навоз + известь	301,0	+4,3	+0,61
Ф + навоз	301,6	+4,9	+0,70
Сидерат	299,3	+2,6	+0,37
Ф+ сидерат + известь	300,6	+3,9	+0,56
НСР ₀₅ : по севооборотам — 0,7; по обработке почвы — 0,5; удоб- рениям — 0,6.			

* Исходные запасы гумуса в пахотном слое почвы в 1992 г. — 296,7 т/га.

Внесение органических и минеральных удобрений увеличивало поступление послеуборочных растительных остатков полевых культур в 1,5—2,0 раза по сравнению с неудобренным фоном.

Введение в севообороты многолетних бобовых трав способствует значительному увеличению запасов гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного. Так,

при включении люцерны в зернопаровой севооборот на два года запасы гумуса увеличились на 2,5 т/га. При бессменном возделывании люцерны в течение 7 лет запасы гумуса в пахотном слое почвы увеличивались на 8,9 т/га.

При применении безотвальных систем обработки почвы в севооборотах наблюдается стабилизация и не-

которое увеличение запасов гумуса в пахотном слое почвы по сравнению с отвальной обработкой.

За ротацию зернопаропропашного севооборота при ежегодной отвальной вспашке запасы гумуса уменьшились на 2,0 т/га, что связано с более высокими темпами его минерализации. На бессменном паровом поле отвальная обработка в течение 7 лет приводила к потерям в пахотном слое почвы 0,57 т/га гумуса ежегодно (табл. 2). Следовательно, минимализация обработки почвы при рациональном сочетании с применением удобрений и гербицидов является важным элементом в системе мероприятий, направленных на эффективное регулирование почвенно-плодородия.

Внесение органических (навоз 40 т/га или заплата донника 25 т/га), минеральных удобрений (60N70P40K) и извести (0,75 Нг) увеличивало запасы гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного на 3,9—4,9 т/га за ротацию севооборотов. Использование одних минеральных удобрений приводило к сокращению запасов гумуса и ухудшению его фракционно-группового состава из-за сужения соотношения Сгк : Сфк до 2,7; повышения содержания фракции 1 фульвокислот и Уменьшения содержания

фракции 2 гуминовых кислот.

Внесение навоза в большей степени, чем заплата сидерата, уменьшает содержание водорастворимой фракции 1 фульвокислот и увеличивает накопление фракции 2 гуминовых кислот. На фоне известкования качественный состав гумуса изменяется в сторону уменьшения содержания фракции 1 и повышения содержания фракции 2 гуминовых кислот, обменно связанных с кальцием. Увеличение доли гуминовых кислот приводит к расширению соотношения Сгк : Сфк до 3,3.

Таким образом, возделывание в полевых севооборотах лесостепной зоны Южного Урала многолетних бобовых трав 2—3-годовалого пользования в сочетании с внесением органических (навоз, сидерат, солома), минеральных удобрений и периодическим известкованием при рациональной почвозащитной обработке обеспечивает расширенное воспроизводство и эффективное регулирующее воздействие на плодородие черноземных почв.

Результаты наших исследований свидетельствуют, что систематическое применение минеральных удобрений подкисляет почвенный раствор и способствует увеличению обменной и гидролитической кислотности. Внесение извести на фоне минеральных

удобрений обеспечивает нейтрализацию их подкисляющего действия. Эффективность известкования возрастает на фоне совместного применения минеральных и органических удобрений (табл. 3).

Без внесения органических и минеральных удобрений известкование выщелоченных и оподзоленных черноземов приводит к образованию малоподвижных фракций гуминовых кислот с кальцием и высвобождению подвижных фракций фульвокислот, что заметно ухудшает качественное состояние комплекса гумусовых веществ пахотного слоя почвы.

При замене отвальной обработки почвы безотвальными физико-химические свойства пахотного слоя почвы изменяются незначительно. На неудобренном фоне в среднем за 1996-1999 гг. гидролитическая кислотность при системах отвальной, безотвальной и поверхностной обработки в слое почвы 0—30 см составила соответственно 5,74; 5,86 и 5,76 мг-экв, а на фоне НРК — 6,19; 6,26 и 6,21 мг-экв на 100 г почвы. При увеличении кислотности почвы снижается степень насыщенности основаниями, которая при системе отвальной обработки на фоне полного минерального удобрения составила 86,28%, безотвальной — 86,08% и поверхностной — 85,71%.

Установлено, что в полевых севооборотах существенное снижение кислотности почвы происходит на 2—3-й год после известкования. Положительный эффект известкования при дозе извести, рассчитанной по 0,75-1,0 Нг, сохраняется в течение ротации 6-польного зернопашного севооборота. На удобренном фоне продолжительность нейтрализующего действия извести меньше, чем на неудобренном.

Оптимальной дозой извести, обеспечивающей эффективную нейтрализацию почвенной кислотности и поддержание бездефицитного баланса кальция в пахотном слое среднекислого тяжелосуглинистого чернозема, является доза, рассчитанная по 0,75 Нг (7,95 т/га доломитизированного известняка с 95,6% содержанием CaCO_3 и MgCO_3). При систематическом применении физиологически кислых минеральных удобрений дозу извести целесообразно увеличить до уровня, рассчитанного по 1,0 Нг (10,6 т/га доломитизированного известняка).

Таким образом, комплексное применение органических, минеральных удобрений и известкования способствует оптимизации основных физико-химических параметров пахотного слоя черноземных почв. При этом pH_{KCl} увеличивается на 0,5-

Таблица 3

Влияние извести и удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного
(среднее за 1996–1999 гг.)

Вариант	рН _{полн.}	рН _{ксл.}	рН обмен- ный по Соколову	Нг	Са ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Са ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	ЕКО*	Степень насыщен- ности основа- ниями, %
Контроль	5,90/6,27	5,30/5,50	0,19/0,05	5,7/5,1	31,2/29,4	6,8/6,3	38,0/35,8	43,9/40,9	86,9/87,5
НРК	5,84/6,05	5,15/5,50	0,23/0,17	6,2/5,5	31,0/27,8	6,7/6,3	37,7/34,1	43,7/39,6	85,8/86,1
НРК+известь	6,40/6,45	5,70/5,80	0/0	5,1/4,9	32,4/31,4	7,1/6,4	39,5/37,8	44,6/42,7	88,6/88,5
Навоз	6,17/6,30	5,40/5,60	0,14/0	5,6/5,1	32,0/30,5	6,9/6,2	38,9/36,7	44,5/41,8	87,4/87,8
НРК+навоз	5,9/6,10	5,23/5,4	0,18/0,14	5,9/5,3	31,5/28,5	6,9/6,5	38,4/35,0	44,3/40,3	86,7/86,8
НРК+навоз+ +известь	6,50/6,51	5,80/5,85	0/0	5,0/4,9	33,3/33,0	7,3/6,5	40,6/39,5	45,6/44,4	89,0/89,0
Сидерат	6,10/6,30	5,37/5,56	0,15/0	5,6/5,1	31,6/30,0	6,9/6,3	38,5/36,3	44,1/41,4	87,3/87,7
НРК+сидерат	5,82/6,10	5,16/5,40	0,2/0,17	6,0/5,4	31,1/28,3	6,8/6,3	37,9/34,6	43,9/40,0	86,3/86,5
НРК+сидерат+ +известь	6,45/6,46	5,75/5,80	0/0	5,1/4,9	32,7/32,3	7,2/6,3	39,9/38,6	45,0/43,5	88,7/88,7
НСР ₀₆	0,26	0,24	0,04	0,36	0,96	0,26	1,24		

49 Примечание. Числитель — в слое почвы 0–30 см, знаменатель — 30–40 см.

0,8 единицы, гидролитическая кислотность снижается на 1,5-2,5 мг-экв на 100 г, сумма поглощенных оснований возрастает на 3,4-6,8 мг-экв на 100 г почвы и степень насыщенности основаниями увеличивается на 7—9% в зависимости от доз внесения извести.

При изучении природы почвенной кислотности большое значение придавалось изучению кислотно-основной буферности черноземных почв, которая является одним из основных показателей их поглощательной способности. Так, для пахотного слоя чернозема выщелоченного на вариантах без удобрений и НРК значения площадей буферности и буферной способ-

ности в кислотном интервале ниже, чем на фоне применения навоза, сидерата или НРК + известь (рис. 1). Характерно, что после известкования буферная способность чернозема увеличилась с 39,32 до 67,7% и по шкале ее оценки [8] соответствовала высокой 5-й группе.

Периодическое известкование слабо- и среднекислых черноземов заметно увеличивало агроэкологическую эффективность применения органических и минеральных удобрений. Увеличение доз извести более 1,0 Нг нецелесообразно, так как при этом уменьшается содержание в почве доступных фосфатов и происходит иммобилизация микроэлементов.

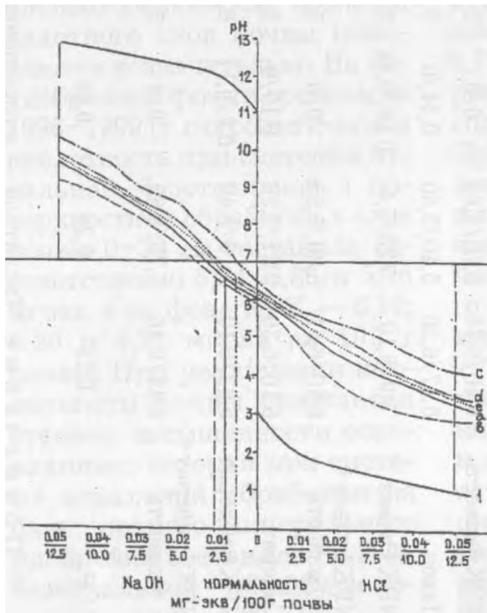


Рис. 1. Кислотно-основная буферность выщелоченного чернозема при применении удобрений и извести.

1 — кривая зависимости pH растворов HCl и NaOH, 2 — линия буферности условного абсолютно буферного эталонного образца, а — контроль (без удобрений), б — НРК, с — НРК + известь, д — навоз, е — сидерат.

Интенсивная механическая обработка чистого пара в течение 6 лет приводила к снижению содержания в пахотном слое выщелоченного чернозема агрономически ценных агрегатов на 38% в сравнении с многолетними бобовыми травами и на 25% — по сравнению с зернопаропропашным севооборотом (рис.2). Аналогичная тенденция наблюдалась и в подпахотном (30-40 см) слое почвы.

Возделывание многолетних бобовых трав в течение 6 лет (1993-1998 гг.) обеспечивало увеличение содержания водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы на 15,5% по сравнению с зернопаропропашным севооборотом. Запашка сидерата (донника 25 т/га) заметно увеличивала содержание агрономически ценной фракции и водопрочность структуры почвы как в пахотном, так и в подпахотном слое.

Внесение навоза в дозе 40 т/га один раз за ротацию 6-польного зернопаропропашного севооборота способствует некоторому увеличению содержания агрегатов размером 0,25—10 мм и водопрочности структуры пахотного слоя выщелоченного чернозема. Запашка сидерата (донник 25 т/га) в этом же севообороте оказывала большее положительное влияние на структурно-агрегатный

состав пахотного слоя почвы по сравнению с навозом.

Систематическое внесение одних минеральных удобрений снижало содержание агрегатов размером 0,25—10 мм в пахотном слое почвы на 6,2%, а также содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм — на 5,6%.

Комплексное применение сидерата и навоза с полным минеральным удобрением и известкованием существенно увеличивало содержание агрономически ценной фракции агрегатов (до 75—80%), а также водопрочность структуры пахотного слоя выщелоченного чернозема.

Следует отметить высокую эффективность периодического известкования выщелоченных, особенно оподзоленных черноземов, в формировании агрономически ценной структуры пахотного слоя почвы. В наших исследованиях в полевом стационарном опыте на фоне известкования содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое оподзоленного чернозема в среднем за 1984—1988 гг. было на 10-12% выше, чем в варианте без известки. При этом заметно возрастали значения коэффициентов структурности (в 1,5 раза), водопрочности (в 1,4 раза) и содержание агрономически ценной фракции агрегатов (на 11,7%).

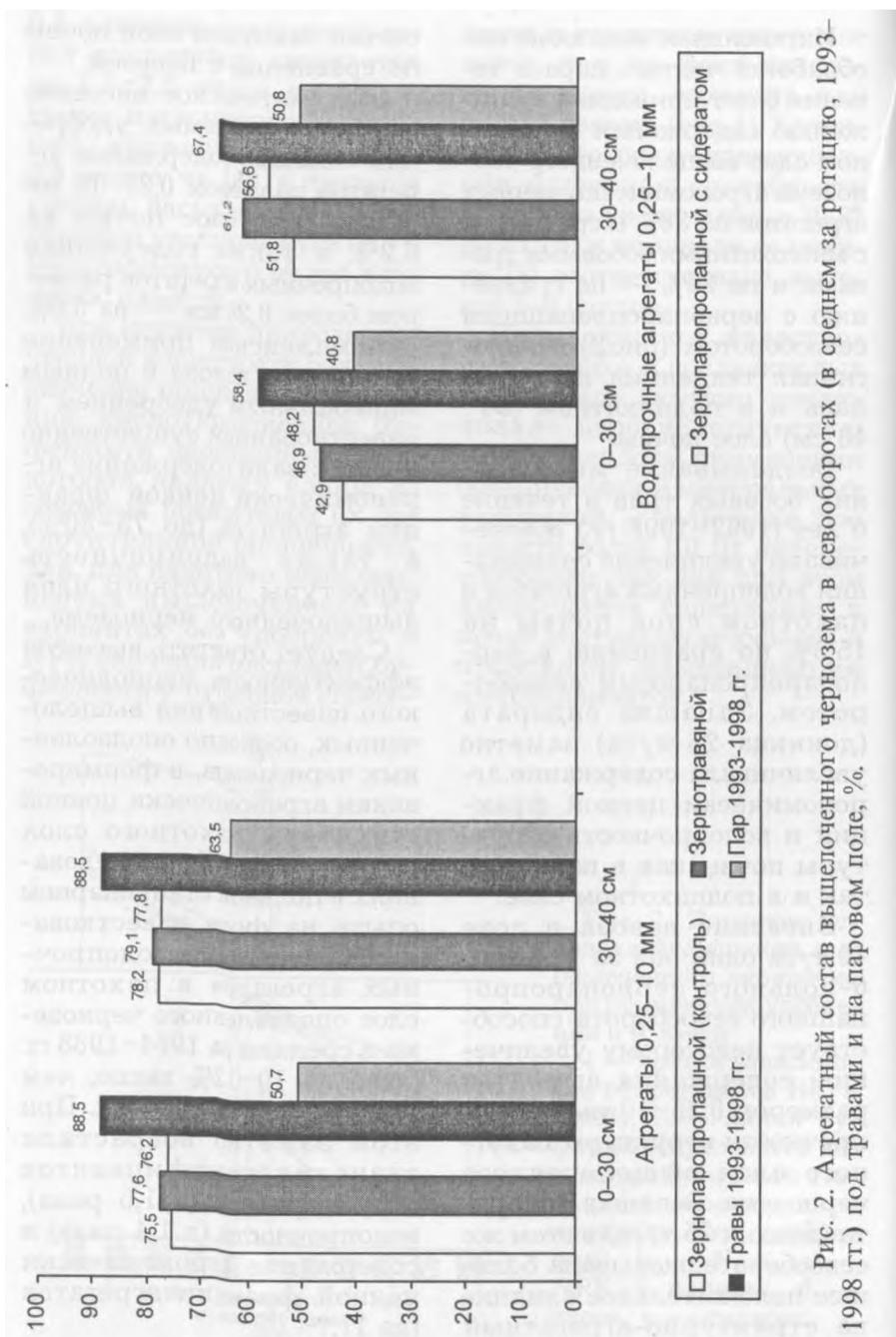


Рис. 2. Агрегатный состав выщелоченного чернозема в севооборотах (в среднем за ротацию, 1993-1998 гг.) под травами и на паровом поле, %.

Плотность почвы является одним из важнейших показателей, определяющих ее водный, воздушный и тепловой режимы. Установлено, что как отвальные, так и безотвальные системы обработки на фоне применения органических и минеральных удобрений обеспечивают оптимальные для зерновых и пропашных культур значения плотности пахотного слоя выщелоченного чернозема (1,1—1,15 г/см³). При систематическом применении отвальной обработки в течение 6 лет (1993—1998 гг.) наблюдалось значительное уплотнение подпахотного слоя почвы по сравнению с системами безотвальной и поверхностной обработки. Характерно, что в начале вегетационного периода менее плотным сложением пахотного слоя характеризовался вариант с отвальной системой обработки почвы, а в конце вегетации — с поверхностной.

Выполненные нами исследования показали, что при известковании наблюдается тенденция к снижению плотности пахотного слоя, что можно объяснить коагулирующим действием извести на высокодисперсную часть почвы. По мнению Н.И. Горбунова (1979), известь обладает «расклинивающим» действием на межагрегатную часть твердой фазы почвы, что может также способст-

вовать уменьшению ее плотности.

На фоне применения органических удобрений почва была менее плотной по сравнению с неудобренным фоном и фоном НРК, что связано с положительным действием органических удобрений на качественный состав ППК, а также более интенсивным развитием корневых систем полевых культур, которые способствуют увеличению межагрегатной пористости почвы.

Изучение динамики твердости пахотного слоя почвы имеет важное значение при прогнозировании тяговых сопротивлений почвообрабатывающих машин и орудий. Установлено, что применение безотвальной или поверхностной систем обработки почвы увеличивает твердость пахотного слоя выщелоченного чернозема в течение вегетации по сравнению с отвальной системой обработки. Запашка сидерата снижала твердость пахотного слоя в среднем за 1993—1998 гг. на 10,8—13,5 кг/см² по сравнению с контролем. При изучении гранулометрического состава пахотного слоя выщелоченного чернозема установлено, что на фоне отвальной обработки он был более легким по сравнению с безотвальной и поверхностной обработками за счет уменьшения содержания илистой фракции.

В земледелии лесостепной зоны Южного Урала важная роль в накоплении, сохранении и рациональном использовании продуктивной влаги принадлежит рациональной системе механической обработки почвы. В наших исследованиях установлено, что системы безотвальной и поверхностной обработки тяжелых по гранулометрическому составу черноземов обеспечивают более рациональное использование продуктивной влаги сельскохозяйственными культурами прежде всего за счет увеличения ее запасов в критические периоды их роста и развития (табл. 4).

Таким образом, применение безотвальных и поверхностных систем обработки черноземных почв обеспечивает создание наиболее благоприятного водного режима как в метровом, так и в пахотном слое почвы, особенно в острозасушливые годы.

Результаты исследований водно-физических свойств лесостепных черноземов показывают, что наименьшая влагоемкость (НВ) пахотного слоя в севооборотах при всех системах обработки почвы была практически на одном уровне (30,5-31,6%). Капиллярная влагоемкость (КВ) и полная влагоемкость (ПВ) в метровом слое почвы при системах поверхностной и безотвальной обработки поч-

вы была на 3,4-4,3% выше по сравнению с отвальной. Внесение органических удобрений и возделывание многолетних бобовых трав способствовали увеличению КВ и ПВ на 3-6%.

Обобщение 6-летних (1993-1998 гг.) экспериментальных данных позволяет заключить, что в зернопаропропашном севообороте заплата донника (25 т/га) увеличивает водопроницаемость почвы в среднем на 1,4—1,6 мм/мин. При системах безотвальной и поверхностной обработки почвы водопроницаемость была несколько ниже, чем при отвальной. Возделывание в севооборотах многолетних бобовых трав способствует увеличению водопроницаемости черноземных почв за счет увеличения содержания органического вещества и оптимизации структуры почвы.

Таким образом, минимализация механической обработки тяжелых по гранулометрическому составу черноземных почв лесостепной зоны Южного Урала путем замены в системе основной обработки отвальной вспашки приемами безотвальной обработки обеспечивает создание наиболее благоприятного водного режима в пахотном слое почвы, особенно в острозасушливые годы. Для улучшения структурно-агрегатного состава пахотного

Таблица 4

Динамика запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см в течение вегетации в зависимости от систем обработки почвы, мм (среднее за 1993–1998 гг.)

Культура	Отвальная				Безотвальная				Поверхностная			
	май	июль	ав-густ	среднее за вегетацию	май	июль	ав-густ	среднее за вегетацию	май	июль	ав-густ	среднее за вегетацию
Озимая рожь	166,4	85,8	87,9	113,4	160,7	104,4	77,9	114,3	159,2	97,7	79,7	112,2
Яровая пшеница	173,2	89,3	108,8	123,8	172,1	111,4	107,7	130,4	170,9	103,5	96,1	123,5
Кукуруза на силос	161,9	105,2	88,3	118,5	168,5	125,0	111,0	134,8	160,3	123,3	99,2	127,6
Многолетние травы	166,5	89,6	70,0	108,7	98,1	73,8	117,3	165,0	102,9	76,9	114,9	
НСР ₀₅ : по культурам	9,2	10,4	9,7		9,2	10,4	9,6		9,2	10,4	9,6	
по обработке почвы	5,7	7,5	6,9		5,7	7,5	6,9		5,7	7,5	6,9	

слоя почвы и ее разуплотнения в системе основной обработки почвы один раз в 2—3 года высокоэффективно применение отвальной обработки под пропашные культуры, после уборки многолетних трав и в паровом поле.

Современная парадигма управления сорным компонентом агрофитоценоза предусматривает не полное уничтожение сорных растений, а снижение их численности до агроэкологически обоснованного уровня при минимизации применения гербицидов [4].

Результаты наших исследований критических порогов вредоносности сорного компонента агрофитоценоза и гербакритических периодов у сельскохозяйственных культур показывают тесную обратную корреляционную связь между биомассой сорных растений и биомассой яровой пшеницы и кукурузы (коэффициент корреляции — 0,94), а также между численностью сорняков в посевах и урожаем зерна (-0,90). В среднем за 1996—1999 гг. критический порог вредоносности малолетних сорных растений в посевах яровой пшеницы составил 17—20 шт/м², в посевах кукурузы— 10-17 шт/м². Гербакритический период по отношению к сорнякам в посевах составляет 25—50 дней с начала вегетации.

Таким образом, рассчитанные нами пороги вредонос-

ности и гербакритические периоды для условий лесостепной зоны Южного Урала позволяют определить численность сорных растений в посевах зерновых и пропашных культур, при которой экономически и экологически целесообразно антропогенное регулирующие воздействие на агрофитоценоз, а также прогнозировать периоды роста и развития полевых культур, когда они наиболее чувствительны к конкурентному воздействию сорных растений.

Между потенциальными запасами семян малолетних сорняков в пахотном слое почвы (млн шт/га) и засоренностью посевов полевых культур (шт/м²) установлена прямая корреляционная зависимость линейной формы (коэффициент корреляции 0,86).

Известно, что в системе управления сорным компонентом агрофитоценоза важное место принадлежит севообороту [1, 7]. В наших исследованиях с увеличением доли зерновых культур в севооборотах численность как малолетних, так и многолетних сорняков заметно возрастала. В зернопаропропашных севооборотах засоренность посевов в среднем за ротацию (5—6 лет) снижалась на 30-35% по сравнению с уровнем в специализированных зерновых сево-

оборотах. Включение в севообороты чистого пара приводило к снижению численности наиболее вредоносных видов сорных растений (пырея ползучего, бодяка долевого, осота полевого).

Данные научной литературы о влиянии удобрений на засоренность посевов весьма противоречивы [3, 6]. Полуценные нами многолетние экспериментальные данные (Х983—1999 гг.) свидетельствуют, что при систематическом внесении азотных удобрений в агрофитоценозе снижается численность звездчатки средней, торицы полевой, торичника полевого, ромашки непахучей, фиалки полевой, но при этом увеличивается численность пикульника обыкновенного и мари белой. На систематическое применение фосфорных удобрений положительно реагируют звездчатка средняя, пикульники, хвощ полевой. Калийные удобрения способствуют снижению численности пикульников и горцев, но при этом увеличивается численность звездчатки средней, мари белой и осота полевого. Периодическое известкование способствует увеличению в посевах полевых культур численности пикульников, мари белой, ромашки непахучей и снижению численности торицы обыкновенной и торичника полевого.

При систематическом применении минеральных удобрений и запашке сидерата заметно снижается засоренность посевов полевых культур (на 30-50%) за счет лучшего развития и усиления конкурентной способности культурных растений.

Системы минимальной обработки почвы (поверхностная, безотвальная) в сочетании с гербицидами (диален, раундап) способствуют снижению засоренности посевов полевых культур в севооборотах до уровня, обеспечиваемого при традиционной в земледелии Южного Урала системе отвальной обработки почвы.

Общее фитосанитарное состояние агроценозов в значительной степени определяется распространением вредителей и болезней. В лесостепной зоне Южного Урала ежегодный недобор урожая сельскохозяйственных культур из-за вредителей и болезней достигает 18-20%. Только от головневых и ржавчинных заболеваний ежегодные потери урожая зерна в регионе превышают 500 тыс. т.

В наших многолетних исследованиях (1979-1995 гг.) установлена эффективность регулирующего воздействия отдельных элементов системы земледелия на пораженность зерновых культур вредителями и болезнями. Так,

размещение в севообороте яровой пшеницы после озимой ржи, идущей по занятому пару, обеспечивает заметное снижение пораженности культуры корневыми гнилями (на 10-40%) по сравнению с другими предшественниками (кукурузой, яровыми зерновыми, озимыми зерновыми по непаровым предшественникам). Запашка донника (25 т/га) снижает пораженность листьев яровой пшеницы ржавчиной при поверхностной системе обработки почвы. При отвальной обработке почвы существенного влияния сидерата на пораженность листьев культуры ржавчиной не обнаружено.

При минимализации механической обработки почвы повреждение яровых зерновых культур скрытостеблевыми вредителями возрастает. Применение полного минерального удобрения существенно снижает повреждение культурных растений, особенно их главных стеблей, скрытостеблевыми вредителями и злаковыми мухами (в 2—4 раза) по сравнению с неудобренным фоном.

Комбинированные системы механической обработки почвы, включающие проведение 2-3 раза за ротацию 5-6-польных полевых севооборотов отвальной вспашки в сочетании с внесением полного минерального удобрения и

бобового сидерата при периодическом известковании, обеспечивают наиболее высокий положительный эффект регулирующего воздействия на фитосанитарный потенциал агроценозов лесостепной зоны Южного Урала.

Выполненные нами исследования в полевых севооборотах с различным насыщением зерновыми культурами показали, что при введении в севооборот поля чистого пара выход зерна практически не снижается за счет существенного увеличения урожайности озимой ржи, размещаемой после пара (рис. 3). Введение в севооборот гороха и кукурузы на силос обеспечило в среднем за 1979—1983 гг. увеличение выхода кормовых единиц на 88% и переваримого протеина на 66% по сравнению с уровнем в зерновом севообороте (100% зерновых). При этом отмечено незначительное (0,7 ц/га) снижение выхода зерна.

Урожайность озимой ржи в среднем за шесть лет исследований (1993-1998 гг.) на фоне внесения навоза или заправки сидерата в сочетании с полным минеральным удобрением была выше, чем в контроле, в среднем на 20-25% при всех системах обработки почвы (табл. 5).

Из яровых зерновых культур наиболее распространенной в лесостепной зоне

Южного Урала является яровая пшеница. Установлено, что в зернопаропропашном севообороте последнее внесение органических удобрений (навоза, сидерата) на фоне НРК способствует увеличению урожайности культуры на 20-27% по сравнению с неудобренным фоном. При безотвальной и поверхностной системах обработки почвы урожайность яровой пшеницы увеличивается на 1,5-2,8 ц/га благодаря оптимизации водного режима почвы в засушливые годы.

Возделывание кукурузы на силос наиболее эффективно на фоне совместного внесения органических и минеральных удобрений при отвальной системе обработки почвы. Применение безотвальной и поверхностной систем обработки почвы под кукурузу дает малый эффект.

В зернопаропропашных севооборотах установлена высокая эффективность применения комбинированных систем обработки почвы в сочетании с мульчированием соломой. В среднем за 1984-1988 гг. урожайность яровой пшеницы на фоне мульчирования соломой была на 15,4% выше, чем в варианте без мульчи. На фоне известкования урожайность озимой ржи, яровой пшеницы и кукурузы в среднем за 1996—1999 гг. была на 40-60% выше по сравнению с вариантом без известки.

В условиях лесостепной зоны Южного Урала на слабо- и среднекислых выщелоченных и оцодзоленных черноземах применение минеральных удобрений без предварительного известкования не оправдано, так как при этом не обеспечиваются



Рис. 3. Продуктивность севооборотов с различным насыщением зерновыми культурами, ц/га (среднее за ротацию, 1979-1983 гг.)

Т а б л и ц а 5

**Урожайность полевых культур и продуктивность севооборота
в зависимости от систем обработки почвы и удобрений,
ц/га (среднее за 1993-1998 гг.)**

Вариант удобрений	Система обработки почвы	Оз. рожь	Яровая пшеница	Кукуруза (зел. масса)	Яровая пшеница	Ячмень	Выход с 1 га, ц	
							кормед.	зерна
Контроль (без удоб- рений)	Отвальная	26,9	28,8	285	28,2	25,7	34,4	18,3
	Безотвальная	26,7	29,6	260	28,7	26,2	34,0	18,5
	Поверхностная	25,5	30,3	215	28,9	25,9	32,5	18,4
Навоз + NPK	Отвальная	36,4	36,3	424	38,5	31,4	46,3	23,8
	Безотвальная	35,8	39,1	344	37,5	27,9	43,4	23,4
	Поверхностная	36,4	36,0	301	36,6	28,8	41,5	23,0
Сидерат + NPK	Отвальная	31,6	35,4	415	32,8	27,8	42,7	21,3
	Безотвальная	32,4	36,8	399	33,1	28,6	42,8	21,8
	Поверхностная	30,2	37,4	351	30,7	29,1	40,6	21,2
НСР ₀₅		1,4	1,5	26	1,7	1,3		

адекватное повышение урожайности полевых культур и окупаемость затрат на внесение удобрений.

На основе экспериментальных данных и использования корреляционно-регрессионного анализа определены корреляционные зависимости между дозами извести, величинами $pH_{КС1}$ гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований и урожайностью полевых культур (коэффициенты корреляции 0,91—0,98) и установлена возможность прогнозирования урожайности в зависимости от доз мелиоранта и динамики физико-химических свойств па-

хотного слоя подкисленных черноземных почв.

Таким образом, при возделывании полевых культур на лесостепных черноземах в земледелии Южного Урала высокий агротехнический эффект достигается в зернопаропропашных (с сидератами) и зернотравяных севооборотах. В годы с достаточным увлажнением в вегетационный период наибольшую продуктивность полевых севооборотов обеспечивает отвальная обработка почвы в сочетании с применением органических (навоз 40 т/га, сидерат 25 т/га) и минеральных удобрений. Минимализация основной обработки

черноземных почв путем замены традиционных приемов отвальной обработки безотвальными позволяет существенно увеличить урожайность сельскохозяйственных культур в засушливые годы. Известкование слабо- и среднекислых черноземов из расчета 0,75—1,0 Нг обеспечивает увеличение продуктивности полевых 4—5-польных севооборотов на 25-45%.

Для лесостепи Южного Урала проблема техногенного загрязнения почв особенно остро стоит в зонах функционирования предприятий тяжелого и среднего машиностроения (Уфа, Стерлитамак, Белорецк), горнодобывающей промышленности (Магнитогорск), цветной металлургии (Сибай, Учалы). Выполненные нами в 1993—1999 гг. исследования показали, что внесение органических удобрений и известкова-

ние способствуют снижению содержания в пахотном слое выщелоченного чернозема подвижных форм тяжелых металлов. Так, на фоне известкования содержание меди было ниже по сравнению с контролем на 75%, цинка — на 40%, кадмия — на 66%, свинца — на 45% (табл. 6).

Содержание свинца в зерне колосовых культур было на уровне 0,03—0,18 мг/кг, гороха — 0,04-0,26 мг/кг, что не ограничивает использование данной продукции на продовольственные цели. Содержание ртути в основной продукции полевых культур составило 0,006-0,03 мг/кг, меди — 1,4-3,01 мг/кг и цинка — 21,4-33,0 мг/кг. Количество кадмия варьировало в пределах 0,023—0,033 мг/кг, что превышает экологически допустимое содержание этого элемента в зерне, пред-

Т а б л и ц а 6
Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном слое выщелоченного чернозема (0-30 см) в зависимости от известкования и применения удобрений, мг/кг (среднее за 1995-1999 гг.)

Вариант удобрений	Cu	Zn	Cd	Pb
Контроль (без удобрений)	0,48	1,12	0,38	2,03
НРК	0,52	0,90	0,48	2,18
НРК + известь	0,12	0,54	0,13	1,12
Навоз	0,18	0,65	0,18	1,79
Сидерат	0,28	0,79	0,24	1,92
НСР ₀₅	0,08	0,21	0,06	0,39
ПДК	3,00	23,00	1,00	6,00

назначенном для производства продуктов детского и диетического питания.

Установлено, что накопление тяжелых металлов в зерне яровой и озимой пшеницы пропорционально содержанию подвижных форм этих элементов в почве. Известкование способствует заметному снижению содержания подвижных форм тяжелых металлов в зерне яровой пшеницы (в среднем за 1993—1999 гг.): меди — на 62%, цинка — на 55%, свинца — на 63%. Внесение навоза снижает содержание в зерне меди — на 38%, цинка — на 28%, кадмия — на 31%, свинца — на 30%, а запашка сидерата — соответственно на 22, 19, 38 и 27% по сравнению с контролем без удобрений.

Экологическая эффективность известкования и внесения органических удобрений в снижении содержания тяжелых металлов в пахотном слое почвы и дальнейшего их поступления в сельскохозяйственные культуры обусловлена снижением почвенной кислотности и повышением буферной способности черноземов за счет увеличения емкости катионного обмена и оптимизации физико-химических свойств, в результате чего тяжелые металлы переходят в труднорастворимые и трудноусвояемые формы с образова-

нием комплексных металло-органических соединений.

В среднем за 1993-1999 гг. содержание меди в почве на фоне полного минерального удобрения было выше по сравнению с контролем на 8,3%, кадмия — на 26% и свинца — на 7,3% (табл. 6). Это обусловлено увеличением подвижности тяжелых металлов при подкислении почвенного раствора под действием ежегодного систематического применения минеральных удобрений.

Анализ экспериментальных данных (1993-1998 гг.) свидетельствует, что концентрация ^{137}Cs в пахотном слое черноземных почв превышает концентрацию ^{90}Sr в среднем в 1,84 раза. Концентрация радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr) в пахотном слое типичного чернозема была выше по сравнению с выщелоченным.

Для количественной агро-экологической характеристики поступления радионуклидов из почвы в растения сельскохозяйственных культур и биогенной миграции рассчитаны коэффициенты накопления (K_n), определяемые как отношение концентрации элемента в растениях (C_p) и в почве (C_n). Установлено, что ^{90}Sr обладает большей подвижностью на черноземе типичном ($K_n = 0,09-0,45$) и может накапливаться в основной продук-

ции возделываемых культур, особенно в сене многолетних трав. ^{137}Cs способен в большей степени накапливаться в многолетних травах и кукурузе.

Таким образом, известкование черноземных почв в сочетании с внесением навоза или запашкой сидерата существенно снижает содержание подвижных форм тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb) и радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs) в пахотном слое почвы и поступление их в растения.

На основе обобщения многолетних (1979—2000 гг.) экспериментальных данных установлено, что в структуре совокупных энергозатрат наиболее энергоемким элементом системы земледелия является система удобрений (40-48%) и система обработки почвы (20-30%).

В среднем за ротацию (1993—1998 гг.) наиболее высокое энергосодержание основной продукции получено в зернопаропропашном севообороте при отвальной системе обработки почвы на фоне внесения полного минерального удобрения в сочетании с навозом (44956 МДж/га). Запашка бобового сидерата способствует заметному увеличению коэффициента энергетической эффективности севооборота (на 10-15%).

Установлено, что среди изучаемых севооборотов наиболее высокий энергетичес-

кий эффект достигается в зернопаропропашных (содержание обменной энергии в урожае и коэффициент энергетической эффективности соответственно 43126 МДж/га и 2,18) и зернотравяных (41312 МДж/га и 2,28) севооборотах. Безотвальная и комбинированная обработки лесостепных черноземов обеспечивают наиболее высокий энергетический эффект в зернопаропропашном (40778 МДж/га и 2,12) и зернотравяном (41678 МДж/га и 2,31) севооборотах.

Высокий агроэнергетический эффект достигается при периодическом известковании оподзоленных и выщелоченных черноземов из расчета 0,75 Нг (коэффициент энергетической эффективности 2,33).

Наибольший экономический эффект в зернопаропропашных и зернотравяных севооборотах при периодическом известковании слабых и среднекислых черноземов обеспечивает заплата бобового сидерата в сочетании с полным минеральным удобрением на фоне систем поверхностной и безотвальной обработки почвы. При данных системах обработки себестоимость основной продукции была ниже по сравнению с системой отвальной обработки в среднем на 12%, производительность труда выше на 18%, чистый доход с 1 га

больше на 14%, уровень рентабельности выше на 15%. Высокий агроэкономический эффект в зернопропашных севооборотах обеспечивает также внесение навоза в дозе 40 т/га в сочетании с полным минеральным удобрением на фоне системы отвальной обработки почвы.

Выводы

1. При решении теоретических и практических вопросов воспроизводства и регулирования плодородия лесостепных черноземов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Южного Урала следует учитывать выявленные агроэкологические закономерности изменения свойств почвы под влиянием многолетнего (15-20 лет) применения отдельных элементов системы земледелия и их сочетаний:

— введение и освоение зернопаропропашных (с сидеральным паром) и зерно-травяных севооборотов при применении полного минерального удобрения и периодическом известковании увеличивает запасы гумуса в среднем на 0,37-0,99 т/га в год с высоким содержанием фракции гуминовых кислот (до 37,6 %);

— по количеству поступающих в почву послеуборочных пожнивно-корневых остатков культуры севооборотов располагаются в следующем поряд-

ке: многолетние травы>донник>кукуруза>озимая рожь>яровая пшеница>вика/овес>горох>гречиха;

— в зернопропашных севооборотах внесение органических (навоз 40 т/га или донник 25 т/га), минеральных удобрений (56N72P35K) и извести (доза из расчета 0,75Нг) на фоне комбинированных систем обработки почвы существенно увеличивает запасы гумуса в пахотном слое выщелоченных черноземов (за ротацию севооборота — на 3,9—4,9 т/га). Использование одних минеральных удобрений приводит к сокращению запасов гумуса (за ротацию севооборота на 1,0 т/га) и ухудшению его качественного состава вследствие сужения соотношения $C_{гк} : C_{фк}$, повышения содержания фракции 1 фульвокислот и уменьшения содержания фракции 2 гуминовых кислот.

2. Разработаны и научно обоснованы новые методологические подходы к оценке плодородия черноземных почв, на основе которых впервые для условий лесостепи Южного Урала предложена модель плодородия черноземных почв, адаптивная к антропогенному воздействию. Основные параметры модели следующие: содержание гумуса — > 9,07%; мощность гумусового горизонта — 50-56 см; запасы про-

дуктивной влаги в начале вегетации в слое 0-100 см — 175-210 мм; содержание водопрочных агрегатов, размером более 0,25 мм в пахотном слое почвы — > 57%; содержание подвижного фосфора — > 8,0 мг/100 г почвы; обменного калия — > 13,0 мг/100 г; сумма обменных оснований — 42—50 мг-экв/100 г ; буферная способность в кислотном интервале — 56-68%.

3. Применение безотвальных и комбинированных систем обработки тяжелых по гранулометрическому составу черноземов обеспечивает создание наиболее благоприятного водного режима в пахотном слое почвы, особенно в острозасушливые годы. Для улучшения структурно-агрегатного состава пахотного слоя почвы, ее разуплотнения и снижения засоренности почвы и посевов в системе основной обработки один раз в 2-3 года высокий эффект обеспечивает применение отвальной обработки в севооборотах и на парах, под пропашные культуры и после уборки многолетних бобовых трав.

4. Оптимальной дозой извести, обеспечивающей эффективную нейтрализацию почвенной кислотности и поддержание бездефицитного баланса кальция в пахотном слое среднекислого тяжелоуглинистого чернозема, яв-

ляется доза, рассчитанная по 0,75 Нг (7,95 т/га доломитизированного известняка с 95,6% содержанием CaCO_3 и MgCO_3). При увеличении дозы извести в интервале от 0,5 Нг до 1,0 Нг увеличивается подвижность фосфора (на 0,7-0,9 мг/100 г почвы) за счет увеличения содержания фосфатов кальция. Дальнейшее увеличение доз извести (более 1,0 Нг) не увеличивает подвижность фосфора в пахотном слое, а также существенно снижает содержание подвижного железа и микроэлементов (Mn, Cu, Zn, B, Co).

5. Буферная способность выщелоченного чернозема тесно связана с кислотно-основными и катионообменными свойствами пахотного слоя. Кислотно-основная буферность на фоне применения органических удобрений (навоза, сидерата) на 10-15% выше в сравнении с фоном полного минерального удобрения. Известкование повышает буферную способность пахотного слоя до 67,7%, что соответствует 5-й группе по принятой шкале (высокая).

6. Определены закономерности изменения засоренности посевов и почвы под действием многолетнего применения отдельных элементов системы земледелия и их сочетаний:

— в зернопропашных севооборотах засоренность посевов в среднем за ротацию (5-6 лет) снижается на 35%

по сравнению со специализированными зерновыми севооборотами. Включение в севообороты чистого пара приводит к снижению численности наиболее вредоносных видов сорных растений (пырея ползучего, бодяка полевого, осота полевого, хвоща полевого);

— систематическое применение минеральных удобрений и заплата сидерата способствуют заметному снижению засоренности посевов полевых культур (на 30-50%) за счет лучшего развития и усиления конкурентной способности культурных растений;

— системы минимальной обработки почвы (поверхностная, безотвальная) в сочетании с гербицидами (диален, раундап) способствуют снижению засоренности посевов полевых культур до уровня, обеспечиваемого при традиционной отвальной обработке почвы.

7. Установлено влияние севооборота, механической обработки почвы и удобрений на пораженность зерновых культур болезнями и вредителями:

— размещение яровой пшеницы в севообороте после озимой ржи, идущей по занятому пару, обеспечивает заметное снижение пораженности культуры корневыми гнилями (на 10-40%) по

сравнению с другими предшественниками (кукуруза, яровые зерновые, озимые зерновые по непаровым предшественникам);

— заплата донника (25 т/га) в качестве сидерата снижает пораженность листьев яровой пшеницы ржавчиной при поверхностной системе обработки почвы. При отвальной обработке почвы существенного влияния сидерата на пораженность культуры ржавчиной не обнаружено;

— при минимализации обработки почвы повреждение яровых зерновых культур скрытостеблевыми вредителями возрастает. Применение полного минерального удобрения существенно снижает повреждение культурных растений, особенно их главных стеблей, скрытостеблевыми вредителями и злаковыми мухами (в 2-4 раза) по сравнению с неудобренным фоном.

8. Среди изучаемых севооборотов наиболее высокий агроэнергетический эффект достигается в зернопаропропашном (содержание обменной энергии в урожае и коэффициент энергетической эффективности соответственно 43126 МДж/га и 2,18) и зернотравяном (41312 МДж/га и 2,28) севооборотах. Системы безотвальной и комбинированной обработки почвы обеспечивают наиболее высокий энергетический эф-

фekt в зернопаропропашном (40778 МДж/га и 2,12) и зернотравяном (41678 МДж/га и 2,31) севооборотах.

9. Известкование черноземов в сочетании с внесением навоза или запашкой сидерата существенно снижает содержание подвижных форм тяжелых металлов (Сг, Zn, Cd, Pb) и радионуклидов (^{137}Sr , ^{137}Cs) в пахотном слое почвы и поступление их в растения.

10. При возделывании полевых культур на лесостепных черноземах Южного Урала высокий агроэкономический эффект достигается в зернопаропропашных и зернотравяных севооборотах. В годы с достаточным увлажнением в вегетационный период наибольшую продуктивность полевых севооборотов обеспечивает система отвальной обработки почвы в сочетании с применением органических (навоз 40 т/га, сидерат 25 т/га) и минеральных удобрений. Минимализация основной обработки черноземных почв путем замены традиционных приемов отвальной обработки почвы безотвальными обеспечивает увеличение урожайности сельскохозяйственных культур в засушливые годы. Известкование слабо- и среднекислых черноземов из расчета 0,75-1,0 Нг позволяет

увеличить продуктивность полевых 4—5-польных севооборотов на 25—45%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Воробьев С. А.* Севообороты интенсивного земледелия. М.: Колос, 1979. — 2. *Гарифуллин Ф. Ш., Ишемьяров А. Ш.* Почвы Южного Урала и их рациональное использование. Ульяновск, 1987. — 3. *Груздев Г. С.* Проблемы борьбы с сорняками на современном этапе. — В ст.: Актуальные вопросы борьбы с сорняками. М., 1980, с. 3—15. — 4. *Захаренко А. В., Кираев Р. С.* Регулирование взаимоотношений культурных и сорных растений в агрофитоценозах. Уфа, БГАУ, 2000. — 5. *Кираев Р. С., Хабиров И. К.* Воспроизводство и оптимизация физико-химических свойств лесостепных черноземов Башкортостана. Уфа, БГАУ, 2000. — 6. *Ладонин В. Ф.* Комплексное применение удобрений в интенсивном земледелии. М.: Агропромиздат, 1991. — 7. *Лошаков В. Г.* Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны. М.: Россельхозиздат, 1980. — 8. *Надточий П. П.* Определение кислотности основной буферности почв. — Почвоведение, 1993, № 4, с. 34—39.

*Статья поступила
21 мая 2002 г.*