

УДК 631.43:631.8

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ
В ЗЕРНОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ НА
АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
ЧЕРНОЗЕМА И УРОЖАЙНОСТЬ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

А. М. М. БЕРЕЗИН, Ю. П. СИННИХ, В. А. ПОЛОСИНА

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Приводятся результаты исследования влияния органической (навоз, сидераты, солома) и органоминеральных систем удобрения на агрофизические свойства выщелоченного чернозема Красноярской лесостепи, агрегатный состав, водонрочность структуры, плотность и водопроницаемость почвы, а также на урожайность сельскохозяйственных культур.

Известно, что с фитомассой урожая сельскохозяйственных культур из агроэкосистемы отчуждается от 40 до 80% органического вещества. Это ведет к нарушению нормального цикла малого биологического круговорота веществ в системе организмы почва.

Результаты агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий в Красноярском крае показали, что возврат питательных веществ за 1981—1996 гг. составил по азоту — 39,8%, фосфору — 70,9% и калию — 27,3%. Среднегодовой баланс гумуса был отрицательным во всех 39 районах края, а в среднем по краю он составил 4,2 ц/га.

Нарушение баланса питательных веществ в земледелии ведет к деградации почв, а в итоге — к уменьшению производства про-

дукции и ухудшению ее качества, к снижению устойчивости агроландшафтов.

В условиях обострившейся проблемы воспроизводства почвенного плодородия все большую значимость приобретает биологизация земледелия, в частности, внедрение сидерации.

К преимуществам зеленых удобрений, несомненно, относятся их экологическая безопасность и возможность существенного снижения техногенно-химического загрязнения окружающей среды. Речь идет о возможности сокращения не только объемов вносимых минеральных удобрений, но и энергозатрат, связанных с применением как минеральных, так и органических удобрений.

В опытах, проведенных впервые на выщелоченных черноземах Красноярской лесостепи [2], сиде-

реальный пар с запашкой на глубину 20 — 22 см биомассы гороха в середине июля по действию приравнивается к чистому унавоженному (30 т/га) пару или даже превосходит его. Так, урожайность яровой пшеницы по унавоженному пару составила 25,9 ц/га, а по сидеральному — 27 ц/га при уровне в контроле (чистый неудобренный пар) 22,7 ц/га. Сидеральный пар за годы действия и последействия обеспечил общую прибавку урожая зерна 5,9 ц/га.

В засушливые годы положительное действие зеленого удобрения на урожайность яровой пшеницы проявляется слабо и даже может быть отрицательный результат. Более стабильно, чем действие, проявляется положительное последствие сидеральных паров. Повторные посевы зерновых даже в засушливые годы обеспечивали прибавку урожая в 1,7 ц/га по донниковому и в 2,3 ц/га по гороховому сидеральному пару [1].

Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о наличии

«накопительного эффекта» при длительном функционировании сидеральных севооборотов, который проявляется в положительном влиянии сидерации на агрофизические свойства почвы. При этом положительный эффект особенно заметен на фоне применения минеральных удобрений в стиральных севооборотах, когда отмечается даже увеличение содержания гумуса в почве [4—7].

Цель данной статьи — выявить влияние чистых и сидеральных паров на агрофизические свойства выщелоченного чернозема и урожайность сельскохозяйственных культур.

Методика

Опыты проводились в учхозе «Миндерлинское» Сухобузимского района Красноярского края с 1981 по 1991 г. на тяжелосуглинистом среднегумусном среднемощном выщелоченном черноземе. Агрохимические показатели и механический состав почвы приведены в табл. 1. В зернопаровом севообороте с чистыми

Таблица 1

Агрохимические показатели и механический состав чернозема выщелоченного (с. Борек, Сухобузимского района)

Горизонт и глубина, см	Гумус, %	Валовые, %		Обменные, мг-экв/100 г		Сумма обменных оснований по Кашену	pH _{KCl}	Сумма частиц < 0,001. %
		N	P ₂ O ₅	Ca	Mg			
А _{max} 0—20	9,45	0,46	0,25	67	16	49	6,4	21
А 20—30	9,68	0,40	0,36	29	14	50	6,4	24
АВ 30—40	3,92	0,24	0,16	32	6	38	6,4	40
В 50—60	1,02	0,13	0,13	17	2	28	6,5	40
СК. 80—90	0,67	0,11	0,11	17	6	28	7,4	36

и сидеральными парами чередование культур следующее: чистый, сидеральный пар — яровая пшеница — ячмень — кукуруза — яровая пшеница — овес. В годы

I ротации севооборота (1981—1986 гг.) применяли следующие варианты удобрений: 1-й — без удобрений; 2-й — минеральные (сумма за ротацию 210N270P210K); 3—5-й — один раз за ротацию (в паровое поле) вносили только органические удобрения в виде навоза или сидеральной массы озимой ржи и донника; 6-й — органоминеральные (30 т навоза + 210N270P210K); 7-й — 60 т навоза + 210N270P210K; 8-й — 12,5 т сырой биомассы озимой ржи + 230N270P210K; 9-й —

12,5 т сырой биомассы озимой ржи + 30 т навоза + 230N270P210K; 10-й — 12,9 т сырой биомассы донника + 210N270P210K; 11-й — 12,9 т сырой биомассы донника + 30 т навоза + 210N270P210K.

В 1986 г. (в год окончания I ротации севооборота) под замыкающую севооборота культуру — овес — произвели подсев сидеральных культур (оз. рожь, донник). В 1987 г. сидеральную массу озимой ржи и донника запахали на глубину 20—22 см соответственно в конце второй декады июня и в середине второй декады июля. Одновременно с запашкой озимой ржи в поле чистого черного пара внесли навоз под перепахку. В 1988 г. по чистым и сидеральным парам посеяли яровую пшеницу сорта Иртышанка 10, а в 1989 г. — ячмень для изучения последствий сидерации. На фоне применения удобрений под пшеницу внесли 30P, а под ячмень — 45N45P45K.

К особенностям агротехники яровой пшеницы в условиях 1988 г. необходимо отнести обработку посевов гербицидом (диален + лантрел 2,2 кг/га) из-за вспышки всходов гречишки вьюнковой.

Климат Красноярской лесостепи резко континентальный. Среднегодовая температура —0,7° С. Колебания среднемесячных температур между самым теплым месяцем года — июлем — и самым холодным — январем — достигают 32—40° С. Сумма активных температур выше 10° С ~ от 1600 до 1800° С. За вегетационный период выпадает осадков около 140—180 мм, а за год — 300—420 мм. ГТК равен 1,0—1,2.

Распределение осадков в крае неравномерное, основная масса их выпадает летом, как правило, во второй половине, поэтому зерновые часто испытывают недостаток влаги в фазы кущения и выхода в трубку.

Годы проведения исследований по количеству осадков и их распределению можно объединить в 3 группы: засушливые — 1983 — 1985, 1987, 1989, 1991; обычные (близкие к среднегодовым) — 1981, 1986, 1988, 1990; благоприятный — 1982 год.

Температура воздуха и распределение осадков по месяцам в засушливом 1989 г. и обычном, когда показатели близки к среднегодовым, 1988 г. указаны в табл. 2.

В опыте водопрочность почвенных агрегатов определяли методом качания сит на приборе И. М. Бакшеева, агрегатный состав почвы — по методу Н. И. Саввинова. Объемную массу устанавливали

Таблица 2

Температура воздуха (°С) и сумма осадков (мм) по данным метеопоста учхоза «Миндерлинское»

Месяц	1988 г.		1989 г.	
	°С	мм	°С	мм
Январь	—19,6	11,2	—14,4	4,4
Февраль	—12,6	4,2	—12,1	4,0
Март	—8,0	7,7	-3,3	5,5
Апрель	1,7	11,0	0,4	16,2
Май	8,4	22,9	11,1	5,8
Июнь	13,2	32,0	14,1	44,1
Июль	20,6	129,3	18,7	64,4
Август	15,0	50,2	14,9	22,9
Сентябрь	10,6	6,7	8,7	25,3
Октябрь	1,7	24,0	3,1	19,8
Ноябрь	—3,9	6,5	—9,5	4,9
Декабрь	—13,0	7,9	—14,1	7,5
За год		313,6		224,8

с помощью прибора Качинского в 3-кратной повторности. Определяли водопроницаемость почвы, а также учитывали урожай основных культур севооборота в полевых опытах сплошным методом с последующим пересчетом на базисную влажность и чистоту полученной продукции (Доспехов Б. А., 1979).

Результаты

Анализ агрегатного состава пахотного слоя в различные годы ротаций севооборотов свидетельствует о том, что в год заправки сидератов наиболее высокий коэффициент структурности (К) отмечается при более позднем сроке заправки сидеральной массы. Это подтверждает известный те-

зис о положительном влиянии произрастающей растительности на оструктуренность почвы, которая находится в прямой зависимости от длительности воздействия на почву корневой системы растительности (табл. 3).

Таблица 3

Агрегатный состав слоя 0—30 см после заправки сидеральной массы (1981 г.)

Размер фракции, мм	Содержание фракций, %		
	Оз. рожь с заправкой 12.06	Донник с заправкой 6.07	Донник с заправкой отавы 31.07
>10	5,7	7,9	12,6
7	5,3	6,1	8,0
5	4,9	5,5	7,6
3	7,9	10,4	11,9
2	7,1	9,7	10,2
1	16,2	17,1	19,2
0,5	7,6	7,8	7,6
0,25	14,5	13,8	12,1
<0,25	30,7	21,5	10,9
От 0,25 до 10	63,5	70,5	76,6
К	1,74	2,39	3,25

Самым ценным признаком структуры почвы, отражающим ее качественное состояние, является водопрочность почвенных комочков. Результаты мокрого просеивания при разных сроках заправки сидеральной массы показали, что корневая система сидеральных культур в процессе продуцирования не только способствует созданию агрономически ценных агрегатов, но самое главное — приводит к повышению их водопрочности (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние сидератов (числитель)
и сроков их заделки (знаменатель)
на водосточность структуры
(в среднем за 1989—1990 гг.)**

Тип пара	Срок заделки и определений	% водопропрочных агрегатов	Коэффициент водосточности
Чистый	<u>12.06</u>	<u>49,5</u>	<u>0,98</u>
	7.07	48,4	0,94
Сидеральный	<u>12.06</u>	<u>54,9</u>	<u>1,22</u>
	7.07	55,9	1,27

Определение агрегатного состава почвы в конце I ротации севооборота показало, что различные системы удобрений в севообороте с чистыми и сидеральными парами не оказали существенного влияния на структурное состояние пахотного слоя, которое во всех случаях оценивалось как хорошее. В то же время внесение органических удобрений способствовало увеличению содержания водопропрочных агрегатов. Так, в конце I ротации севооборота содержание водопропрочных агрегатов под посевами овса в контроле составляло 58,6%, на фоне внесения навоза в паровое поле — 66,8%, а на фоне заделки зеленой массы озимой ржи и донника — соответственно 71,1 и 67,7%.

В начале II ротации севооборота зафиксировано положительное оструктурирующее действие и последствие внесенного в паровое поле навоза. Содержание агрегатов от 0,25 до 10 мм под посевами пшеницы по унавоженному пару увеличилось на 7,6%, а под повторными посевами зерновых (ячмень) на 5,9% по сравнению

с контролем. На фоне зеленой массы сидератов, запаханных в паровое поле (4,7 т/га озимой ржи, 5,3 т/га донника), действие и последствие сидерации на содержание агрономически ценных агрегатов заметно меньше (табл. 5).

Важной характеристикой физических свойств почвы является равновесная плотность, т. е. плотность, при которой почва имеет устойчивое сложение после усадки. В состоянии равновесной плотности почва приходит после длительного пребывания без обработки. Различают также оптимальную плотность почвы, т. е. плотность, при которой урожай сельскохозяйственных культур при прочих равных условиях наиболее высокий. Эта характеристика почвы имеет наиболее важное значение, поскольку она влияет на воздушный, тепловой и водный режимы.

Равновесная плотность тяжелоуглинистого среднегумусного среднесиловатого выщелоченного чернозема учхоза «Миндерлииское» под посевами многолетних трав и донника находится в пределах 1,05—1,19 г/см³. Если учесть, что на выщелоченных черноземах Красноярской лесостепи оптимальная плотность пахотного слоя для большинства сельскохозяйственных культур находится в пределах 1,0—1,2 г/см³, то становится очевидным, что равновесная плотность почвы близка к оптимальной.

Заделка органических удобрений приводит к снижению плотности 30-сантиметрового слоя почвы по сравнению с неудобренным чистым паром. Так, в период всходов яровой пшеницы

**Содержание агрономически ценных агрегатов (0,25—10,0 мм) и слое
0—20 см севооборотах с различными системами удобрения (%)**

Внесено удобрений в расчете на 1 га	I ротация		II ротация	
	10.06.85*	31.05.86**	28.05.88***	27.05.89****

Севооборот с чистым паром

Без удобрений (контроль)	68,0	61,6	67,1	60,0
30 т навоза и пар	69,3	63,9	ТАЛ	65,9
То же + NPK	68,4	61,9	71,0	63,3
То же + 30 г навоза под ку- курузу	66,4	64,4	—	—

Севооборот с сидеральным паром

Фитомасса оз. ржи + 20N	63,5	61,6	67,3	—
То же + NPK + 30 т навоза под кукурузу	71,8	62,1	68,4	60,2
Фитомасса донника	70,0	62,2	70,2	63,0
То же + NPK + 30 т навоза под кукурузу	67,2	63,3	69,7	64,4

* Под посевами пшеницы после кукурузы.

** Под посевами овса, замыкающего ротацию севооборота.

*** Под посевами пшеницы по пару.

**** Под повторными посевами зерновых по пару (ячмень).

(28.05.88 г.) плотность почвы в озимой ржи и донника соответственно 1,00 и 1,05 г/см³, а в контроле (неудобренный чистый пар) — 1,06 г/см (табл. 6).

Таблица 6

**Плотность почвы (г/см²) под посевами яровой пшеницы по чистым
и сидеральным парам (1988 г.)**

Внесено удобрений в звене пар — пшеница (в расчете на 1 га)	Всходы, 28.05		Уборка. 21.09		
	Слой, см				
	0—30	1—10	10—20	20—30	0—30
Без удобрений (контроль)	1,06	1,21	1,16	1,18	1,18
30 т навоза	1,13	1,14	1,10	1,02	1,08
То же + 30P	1,04	0,96	1,14	1,09	1,06
2 т соломы + 20N	1,07	—	—	—	—
4,7 т фитомассы оз. ржи + 20N + 30P	1,00	0,90	1,06	1,02	0,99
5,3 т фитомассы донника + 30P	1,05	0,98	1,12	1,10	1,06
НСР ₀₅	0,08			0,10	

К периоду уборки яровой пшеницы (21.09) плотность почвы по всем слоям несколько увеличилась. Применение органических удобрений в виде навоза как раздельно, так и совместно с минеральными удобрениями (30Р) существенно снижало плотность почвы в 0 — 30 см слое соответственно с 1,18 г/см³ (контроль) до 1,08 и 1,06 г/см³. При использовании в качестве органических удобрений сидеральной массы озимой ржи и донника в сочетании с минеральными удобрениями плотность почвы 0—30 слоя существенно снижалась до 1,06 и 0,99 г/см³ (НСР₀₅ 0,10) против 1,18 г/см³ в контроле.

Анализ динамики плотности почвы в зернопропашном звене севооборота дает основание говорить о наличии разуплотняющего последствия органических удобрений, внесенных в паровые поля (табл. 7). Двухразовое вне-

сение органических удобрений и течение ротации севооборота (в пар и под кукурузу) на фоне применения минеральных удобрений под все культуры севооборота привело к достоверному уменьшению плотности почвы под посевами не только кукурузы, но и пшеницы, размещаемой после нее. Под культурой, замыкающей ротацию севооборота (овес), плотность почвы оказалась практически одинаковой во всех вариантах.

Для выщелоченных черноземов края характерна микроагрегированность и пористость, хорошая оструктуренность и рыхлое сложение, что положительно сказывается на водопроницаемости почвы.

В наших опытах водопроницаемость оценивается по шкале Н. А. Качинского как наилучшая, но ее значение значительно варьирует в зависимости от агрофона. В сидеральном донниковом пару скорость инфильтрации в первый

Т а б л и ц а 7

Влиние одно- и двухразового внесения органических удобрений на плотность почвы под культурами зернопропашного звена севооборота (г/см³, слой 0—30 см)

Внесено удобрений и расчете на 1 га	Культура севооборота и срок определения		
	кукуруза, 20.06.84	пшеница 10.09.85	овес, средне-сезонная 1986 г.
Без удобрений	1,01	1,07	1,00
30 т навоза и пар	1,01	1,03	1,02
То же + 30 т навоза под кукурузу + NPK под все культуры	0,90	0,96	1,01
12,5 12,9 г зеленой массы сидерата в пар	0,99	0,97	1,03
То же + 30 т навоза под кукурузу + NPK. под все культуры	0,92	—	0,96
НСР ₀₅	0,08	0,08	0,07

час промачивания (3,36 мм/мин) была на 0,56 мм/мин выше, чем в неудобренном чистом пару. В сидеральном пару она оставалась достоверно выше и при установлении устойчивого впитывания — через 3 и 4 ч наблюдений. Если в чистом неудобренном пару за 4 ч наблюдений водопроницаемость составила 355 мм, то в сидеральном — 467 мм. Водопроницаемость унавоженного чистого пара по сравнению с неудобренным начинает увеличиваться только через 2 ч после начала промачивания.

Внесение органических удобрений оказывает положительное не только действие, но и последствие на водопроницаемость почвы. Под посевами овса, замыкающего ротацию 6-польного зернопропашного севооборота, на фоне двухразового внесения органических удобрений за ротацию (в пар и под кукурузу) водопроницаемость в первые 2 ч наблюдений была выше, чем в севообороте, в котором органические удобрения не применялись. При этом особенно заметное преимущество имел вариант, в котором использовали зеленое удобрение (в пар) и навоз (под кукурузу). В данном варианте скорость впитывания в первый час наблюдений составляла 145 мм/ч, т. е. на 18 мм выше, чем при двухразовом внесении навоза, и на 41 мм/ч выше, чем в контроле (севооборот без внесения удобрений).

Анализ урожайных данных за годы I ротации зернопропашного севооборота показывает, что в благоприятный по влагообеспеченности 1982 г. внесение органических удобрений в паровое поле

не привело к достоверному повышению урожайности яровой пшеницы, но существенно повысило эффективность фосфорного удобрения. Так, при внесении 60 кг минерального фосфора на 1 га под пшеницу по чистому не удобренному органикой пару урожайность пшеницы увеличилась на 3,3 ц/га, а на фоне унавоженного пара — на 5,5 ц/га. На фоне сидерального ржаного и донникового паров прибавка от внесения суперфосфата составила соответственно 4,4 и 3,9 ц/га (табл. 8).

В условиях засушливого 1983 г. не обнаружено и последствий органических удобрений, но, как и в предыдущий год, внесение навоза и сидератов в паровые поля привело к повышению эффективности минеральных удобрений. Если на фоне минеральной системы удобрений прибавка урожайности зерна ячменя от внесения полного минерального удобрения оказалась недостоверной, то в звене с унавоженным и сидеральным ржаным паром прибавка по отношению к контролю была достоверной и составляла соответственно 5,0 и 5,3 ц/га.

Из органических удобрений, внесенных в паровые поля, только сидеральный донниковый пар и отавно-сидеральная донниковая зябь обеспечили положительное последствие на 3-й год после заделки сидерата. Прибавка урожая зеленой массы кукурузы, размещаемой третьей культурой по сидеральному донниковому пару, составила 19,2%, а по отавно-сидеральной донниковой зяби — 15,5% по отношению к контролю.

Урожайность культур с чистыми и сидеральными парами при различных системах удобрения за I ротацию севооборота (ц/га)

Внесено удобрений и расчете на 1 га	1982 г. яровая пшеница	1983 г. ячмень	1984 г. кукуруза	1985 г. яровая пшеница	1986 г. овес-
<i>Чистый пар</i>					
Без удобрений (контроль)	29,5	35,7	297	18,2	20,7
210N270P210K	32,8	38,1	342	14,5	22,7
То же + 30 т навоза под кукурузу			380	15,7	24,3
30 т навоза в чистый пар	30,5	35,7	323	12,1	18,3
То же + 210N270P210K	35,5	40,7	391	13,1	22,7
То же + 30 т навоза под кукурузу			363	14,6	23,9
<i>Сидеральный пар</i>					
12.5 т фтгомассы оз. ржп + 20N	29,9	32,7	305	12,6	10,3
То же + 210N270P210K	33,9	41,0	381	14,6	9,7
То же + 30 т навоза под кукурузу			433	15,8	11,3
12.9 т фтгомассы донника	29,0	35,1	354	12,7	17,3
То же + 210 N270P210K	33,4	35,4	363	12,7	19,0
То же + 30 т навоза под кукурузу			381	13,3	19,7
3.2 т отавы донника	28,2	32,1	343	13,3	19,3
То же + 210 N270P210K	31,8	38,2	339	13,7	21,0
То же + 30 т навоза под кукурузу			309	13,2	20,0
НСР ₀₅	3,3	3,9	33,6	2,3	3,8

В севообороте с чистым паром наиболее высокую эффективность обеспечила органоминеральная система удобрений, когда в паровое поле вносится навоз и минеральные удобрения под все культуры, либо когда под зерновые культуры применяют минеральные удобрения, а навоз вносят под кукурузу.

В первом случае прибавка урожая зеленой массы по отношению к контролю составила 94 ц/га (31,6%), а во втором — 83 ц/га (28%). Менее эффективным оказался вариант органоминеральной системы, при которой на фоне применения минеральных удобрений под все культуры дважды вно-

сили навоз — в пар и под кукурузу. При этом прибавка составила 66 ц/га (22,2° о). В то же время в севооборотах с сидеральными парами 2-кратное внесение органических удобрений (сидераты в пар и навоз под кукурузу) на фоне применения минеральных удобрений под все культуры обеспечило более высокую прибавку урожая зеленой массы кукурузы — на 45,8—27,9%.

Засушливые условия, от мечавшиеся в течение 3 лет подряд (1983—1985 гг.), привели к формированию невысокого урожая пшеницы, размещаемой после кукурузы. Достоверные прибавки урожая зерна получены в основ-

ном на фоне последствия навоза, внесенного под кукурузу. Последствие навоза просматривается и на повторных посевах зерновых по кукурузе, но здесь речь идет только о тенденции, поскольку полученные прибавки находятся в пределах ошибки опыта.

Анализ урожайных данных за годы II ротации севооборота свидетельствует о том, что в обычный по количеству выпавших

осадков 1988 г. фосфорные удобрения, внесенные в дозе 30 кг д.в. на 1 га под пшеницу, размещаемую первой культурой по чистым и сидеральным парам, не приводили к достоверному повышению урожайности (табл. 9). Не обеспечивала повышения урожайности и запашка в поле чистого пара 2 т/га соломы, если ее вносили на фоне запашки отавы донника в начале I ротации севооборота.

Т а б л и ц а 9

Урожайность культур с чистыми и сидеральными парами при различных системах удобрения за II ротацию севооборота (ц/га)

Внесено удобрений в расчете на 1 га	1988 г. яровая пшеница	1989 г. ячмень	1990 г. кукуруза	1991 г. яровая пшеница
<i>Чистый пар</i>				
Без удобрений (контроль)	18,6	17,7	183	17,1
150N180P150K	19,9	19,6	174	16,1
То же + 30 т навоза под кукурузу	20,5	20,6	231	17,9
30 т навоза в чистый пар	20,9	18,4	294	16,9
То же + 150N180P150K	18,4	22,3	279	14,7
То же + 30 т навоза под кукурузу	19,4	22,9	332	17,7
2 т соломы +20N в пар	18,4	15,9	196	15,5
То же + 150N180P150K	17,7	17,6	208	12,7
То же + 30 т под кукурузу	23,9	17,9	282	13,8
<i>Сидеральный пар</i>				
4,7 т фитомассы оз. ржи + 20N	16,2	15,8	287	18,1
То же + 150N180P150K	16,7	20,3	298	14,1
То же + 30 т навоза под кукурузу	19,5	21,1	217	16,5
5,3 т фитомассы донника	22,1	15,8	225	14,0
То же + 150N180P150K	19,6	20,5	306	12,2
То же + 30 т навоза под кукурузу	20,4	21,9	224	15,3
НСР _и	2,3	2,4	41,7	2,6

В то же время на фоне органоминеральной системы удобрения, когда за I ротацию помимо минеральных дважды вносили органические удобрения (отаву донника в пар и навоз под кукурузу), внесение соломы повысило урожай-

ность пшеницы на 5,3 ц/га по сравнению с контролем. Урожайность пшеницы увеличивалась за счет внесения навоза в пар — на 2,3 ц/га и запашки донникового сидерата — на 3,5 ц/га. Полученные данные в той или иной сте-

пени подтверждают тезис о наличии так называемого «накопительного эффекта», который проявляется только при неоднократно применении органических удобрений. В данном случае речь идет о 3-разовом внесении органических удобрений за 7 лет.

В условиях засушливого вегетационного периода 1989 г. (ГТК-0,82) внесение под ячмень 45N45P45K в севообороте с чистым паром не обеспечивало существенной прибавки урожая. В то же время минеральные удобрения на фоне навоза повысили урожайность ячменя на 4,6—5,2 ц/га, а на фоне сидеральных паров — на 2,6—4,2 ц/га. При этом окупаемость удобрений зерном в условиях засушливого года оказалась невысокой и составила 1,9—3,9 кг зерна на 1 кг д.в. удобрений. Минеральные удобрения не способствовали повышению урожайности ячменя, если их вносили на фоне соломы. Дело в том, что в фазу всходов и кущения ячменя, когда образование нитратного азота превосходит его вынос из почвы растениями, его количество на фоне заправки соломы в паровое поле оказывается наименьшим, чем в других вариантах. Вероятно, продолжающаяся иммобилизация почвенного азота в процессе разложения соломы создает определенную стрессовую ситуацию в обеспечении растений элементами питания, а засушливые условия усугубляют ее.

В обычный по увлажнению вегетационный период (1990 г.) минеральные удобрения 60N60P60K, внесенные под кукурузу на фоне

систематического применения их в севообороте с чистым паром, не оказали влияния на урожайность этой культуры. При совместном же внесении минеральных удобрений и навоза под кукурузу урожайность зеленой массы увеличилась на 48 ц/га, однако указанная прибавка оказалась более чем в 2 раза ниже, нежели прибавка, полученная от последствий навоза (111 ц/га), внесенного в паровое поле.

Эффективность минеральных удобрений повышалась, если их применяли на фоне внесения навоза не под кукурузу, а в паровое поле. В этом случае прибавка увеличивалась вдвое — с 48 до 96 ц/га. Самый же высокий урожай кукурузы получен в звене, где на фоне минеральных удобрений навоз вносили в чистый пар и под кукурузу (332 ц/га).

На фоне органоминеральной системы удобрений, включающей заправку соломы в паровое поле и навоза под кукурузу, урожайность по сравнению с контролем была также выше на 92 ц/га. Если солома без минеральных удобрений не оказывала последствий на урожайность кукурузы, то сидеральные пары, как же как и унавоженный чистый пар, оказывали положительное последствие: урожайность кукурузы увеличилась на 42—110 ц/га.

Необычный по погодным условиям вегетационный период 1991 г. существенно повлиял на формирование урожая яровой пшеницы, размещаемой 4-й культурой по чистым и сидеральным парам. В этот год за период вегетации сумма активных темпе-

ратур составила 1931° С, что больше обычного на 269° . В Красноярской лесостепи вероятность таких лет составляет всего 5%. В мае температура была на $1,5^{\circ}$, а в шоле на $2,4^{\circ}$ выше нормы. При отсутствии дождей в июне (выпало всего 13 мм осадков) всходы пшеницы оказались в неблагоприятных условиях влагообеспеченности. При такой температуре растения обычно страдают от засухи даже при хорошем увлажнении почвы. В [8] обращается внимание на часто наблюдающееся пожелтение всходов пшеницы в посевах по чистым парам, где при достатке влаги в почве и воздушной засухе растения, сформировавшиеся при обилии азотного питания, не обладают засухоустойчивостью.

В нашем случае повышенный агрофон способствовал лучшему развитию всходов на первоначальном этапе роста, однако слабо развитая корневая система молодого растения не успевала подавать необходимое количество воды и поэтому растения с более развитой листовой поверхностью страдали от воздушной засухи сильнее, чем на обедненном фоне, на котором удобрения не применялись в течение двух ротаций. В результате на фоне всех трех систем удобрения урожайность пшеницы оказалась либо одинаковой, либо ниже, чем на контроле. Снижение урожайности отмечено прежде всего в вариантах с органоминеральными системами, в которых в качестве органических удобрений использовались солома и зеленые удобрения.

Выводы

1. В течение вегетации сидеральных культур в почве уменьшается масса пылевидной фракции, возрастает на 4,5—11% содержание агрегатов размером от 0,25 до 10 мм и на 5,4—7,5% водопрочных агрегатов по сравнению с уровнем в чистом пару. Более высокое содержание агрономически ценных агрегатов отмечается только под первыми и повторными посевами терновых культур по сидеральным и унавоженным парам, а по количеству водопрочных агрегатов преимущество таких паров по отношению к чистым неудобренным сохраняется в течение всей ротации 6-польного зернопропашного севооборота.

2. Внесение органических удобрений достоверно снижает плотность почвы в парах, а татем разуплотняющий эффект в зернопропашном севообороте проявляется только при повторном внесении навоза под кукурузу. В этом случае уменьшается плотность пахотного слоя под посевами не только кукурузы, но и пшеницы, размещаемой по ней.

3. Улучшение агрегатного состава почвы, особенно увеличение в ней содержания водопрочных агрегатов, снижение плотности пахотного слоя под влиянием органических удобрений сопровождается увеличением водопроницаемости почвы не только в годы внесения органических удобрений, но и при последствии.

4. Запашка навоза и зеленых удобрений в паровое поле не оказывала последствий на урожайность повторных посевов зерно-

вых в засушливых условиях 1983 и 1989 гг. Не проявлялось последнее действие навоза, соломы и ржаного сидерата и на 3-й год в условиях засушливого 1984 г. Достоверное повышение урожайности кукурузы отмечено только в вариантах с сидеральным донниковым паром (+54 ц/га) и отавно-сидеральной зябью (+46 ц/га). Все органические удобрения (кроме соломы) оказывали последнее действие на 3-й год в обычный по увлажнению 1990 г., повышая урожайность кукурузы по унавоженному пару — на 104 ц/га, по сидеральному донниковому — на 42 ц/га.

5. Органические удобрения, как правило, способствовали повышению эффективности минеральных удобрений, тем самым создавалось преимущество органоминеральной системы удобрений по сравнению с минеральной и органической системами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берзин А. М., Полосина В. А. Сидеральные пары — резерв повышения плодородия черноземов Сибири. — Тез. докл. региональной научн.-технич. конф., Волгоград, 1988, с. 138—140. — 2. Бер-

зин А. М. Эффективность сидеральных паров в условиях Красноярской лесостепи. — Отчет о НИР (заключительный). Красноярский СХИ, № ГР 79065638, Инв. № 02812001049. — 3. Минеев В. Г., Дебрецкии Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993. —

4. Сдобников С. С. Пахать или не пахать? (Новое в обработке и удобрении полей). — М.: 1994. —

5. Трусова Н. Д., Усова М. П. Длительное влияние ендеральных севооборотов на плодородие песчаных почв. - Тр. Горьковского с.-х. ин-та. Горький, 1990, с. 15—

17. — 6. Ганделов Ю. П., Волошин Е. И. и др. Состояние плодородия пахотных почв Приенисейской

Сибири и эффективность удобрений. Красноярск, 1997. — 7. Синих Ю. И., Плоское В. Н. Влияние систематического применения

удобрений на плодородие выщелоченного чернозема Красноярской лесостепи. — Тез. докл. региональной научн.-технич. конф., Волгоград, 1988, с. 76—77. —

8. Синих Ю. И. Влияние длительного применения зеленого удобрения на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность зерновых севооборотов. Автореф. канд. дне. М.: 1995.

*Статья поступила 21 декабря
1999 г.*

SUMMARY

It was found in investigations conducted in 1981—1991 on leached chernozem of Krasnoyarsk}' forest steppe in stationary field experiment that organic (manure, green manure, straw) and organomineral systems of fertilization produce positive effect on agrophysical properties of the soil, on its aggregate composition, water-resistance of the structure, density and its water permeability, as well as on crop yield.