

УДК 631.445.24:631.452:631.582

ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СЕВОБОРОТАХ И ПРИ БЕССМЕННОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР

В. Г. ЛОШАКОВ, С. Ф. ИВАНОВА, Л. В. ПАШКОВА, В. Н. ВЕРЕЩАК,
З. А. ГАДЖИБРАГИМОВ

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

Изучали плодородие почвы в севооборотах разной степени специализации и в бессменных посевах зернофуражных культур на дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой среднекультуренной почве.

При внедрении специализированных зернофуражных севооборотов в хозяйствах Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР насыщение их зерновыми колосовыми можно доводить до 83 % при условии внесения удобрений на запланированный урожай, возделывания и запашки поживной горчицы на удобрение, удобрения соломой, применения химической защиты от сорняков, вредителей, болезней. В этом случае в таких севооборотах создаются благоприятные условия для повышения эффективного плодородия почвы.

Сохранение и воспроизводство плодородия дерново-подзолистой почвы является одной из главных задач научно обоснованных систем земледелия, разрабатываемых с учетом конкретных почвенно-климатических условий и специализации хозяйства.

Специализация земледелия и расширение площади посевов зерновых в Центральном районе Нечерноземной зоны РСФСР с целью резкого увеличения производства зерна требуют выявления возможностей насыщения полевых севооборотов до 80 % и более зерновыми культурами. Основанием для положительного решения этой проблемы является постоянно возрастающая интенсификация земледелия на базе химизации, мелиорации и механизации. Однако стабильность урожаев в севооборотах с высоким удельным весом зерновых культур невысокая, что

Таблица 1

Количество свежих растительных остатков (ц абсолютно сухого вещества на 1 га) в слое почвы 0—20 см после уборки полевых культур (среднее за 1981—1986 гг.)

Характер возделывания	Удобрение	Всего	В т. ч.			
			корневые	поживные	горчица	солома
Севооборот:						
I	NPK	239,8	161,3	78,5	—	—
II	NPK	261,4	170,5	90,9	—	—
III	NPK	199,6	117,4	82,2	—	—
IV	NPK + Гпс	308,7	131,1	79,0	98,8	—
V	NPK + Гпс + с	444,7	134,4	83,5	86,4	139,9
Ячмень бессменно:						
1	Без удобрений	17,1	8,8	8,3	—	—
2	NPK	25,9	13,8	12,1	—	—
3	NPK + Гпс	42,8	13,8	11,3	17,7	—
4	NPK + Гпс + с	73,3	14,8	11,2	16,0	31,3
Овес бессменно:						
1	Без удобрений	24,2	15,2	9,4	—	—
2	NPK	32,2	18,9	13,3	—	—
3	NPK + Гпс	41,7	18,4	13,0	10,3	—
4	NPK + Гпс + с	88,4	19,4	13,4	32,8	43,2

обусловлено целым рядом причин биологического характера [13, 26—28].

Исследования, проведенные в Московской области, показали, что причинами снижения урожая зерновых культур в специализированных севооборотах и при бессменном их возделывании могут быть также ухудшение физических свойств почвы, уменьшение в ней запасов органического вещества и ухудшение в связи с этих ее коллоидных, биологических и трансформационных свойств, снижение валового содержания азота и других питательных веществ, увеличение пораженности и засоренности посевов [1—10, 26]. Органические и минеральные удобрения в необходимых количествах в значительной степени снижают отрицательное последствие специализации полевых севооборотов [12, 18, 19]. Использование промежуточных культур на зеленое удобрение и соломы в специализированных зерновых севооборотах и при бессменном возделывании зерновых культур позволяет увеличить запасы органического вещества в почве, а также улучшить ее фитосанитарное состояние [11, 18, 24]. Поэтому запашку зеленых удобрений следует считать дешевым приемом обогащения почвы биоэнергетическим материалом, что позволяет уменьшить или даже снять влияние ряда отрицательных факторов, ограничивающих повышение урожайности зерновых культур [20, 21, 23].

Методика

Исследования проводили в 1981—1986 гг. в стационарном опыте, заложенном на опытном поле в учхозе «Михайловское» Тимирязевской академии (Московская область).

Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая среднекультуртурная среднесуглинистая. До закладки опыта в слое 0—20 см pH 5,7; гидролитическая кислотность—2,09, сумма поглощенных оснований—16,1 мэкв на 100 г, содержание P₂O₅ и K₂O—13,1 и 16,4 мг на 100 г, гумуса—1,82 %.

Изучали следующие варианты севооборотов. I—50 % зерновых: многолетние травы 1-го года пользования (г. п.)—многолетние травы 2-го г. п., озимая пшеница—кукуруза—овес—ячмень с подсевом многолетних трав; II—67 % зерновых: клевер—озимая пшеница—овес— викоовсяная смесь на зеленый корм—озимая рожь—ячмень с подсевом клевера; III—83 % зерновых: викоовсяная смесь на зеленый корм—озимая пшеница—овес—ячмень—озимая рожь—ячмень; IV—83 % зерновых и горчица на зеленое удобрение (в таблицах Гпс): викоовсяная смесь—озимая пшеница+пожнивный сидерат—овес—ячмень—озимая рожь+пожнивный сидерат—ячмень+пожнивный сидерат; V—83 % зерновых и горчица+солома на удобрение (Гпс+с): викоовсяная смесь—озимая пшеница+пожнивный сидерат+солома—овес—ячмень—озимая рожь+пожнивный сидерат+солома—ячмень+пожнивный сидерат+солома. В бессменных посевах ячменя и овса были следующие варианты: 1—без удобрений, 2—NPK, 3—NPK+пожнивный сидерат, 4—NPK+пожнивный сидерат+солома.

Норму удобрений рассчитывали с учетом почвенного плодородия для получения урожая озимой пшеницы 50 ц/га (200N160P120K), озимой ржи—40 (120N160P120K), ячменя и овса—40 (96N120P104K), кукурузы—500 ц зеленой массы (250N180P250K), многолетних трав—50 ц сена (74N70P56K), викоовсяной сме-

си—50 ц с 1 га (90N120P90K). Минеральный азот под озимые пшеницу и рожь вносили дробно в 3 срока: 25 % при посеве, 50 % в подкормку весной и 25 % в фазу колошения; под остальные культуры—весной при посеве и в подкормку для многолетних трав. Размещение полей севооборотов и бессменных посевов ячменя в системе блоков—рендомизированное. Размер опытных делянок (полей севооборотов) 80 м² (16×5 м), повторность опыта 4-кратная, система размещения блоков 4-ярусная. Агротехника—принятая для хозяйств Московской области. Выращивали озимую пшеницу Мироновская 808, ячмень Надя, овес Гамбо, озимую рожь Восход 2. Пожнивную горчицу на зеленое удобрение в опыте высевали сразу же после уборки зерновых культур из расчета 40 кг всхожих семян на 1 га. Перед этим почву дисковали, обрабатывали в 2 следа КВК. Под горчицу вносили азот из расчета 50 кг д. в. на 1 га. Солому запахивали измельченной согласно выносу ее элементов питания из почвы.

Метеорологические условия вегетационного периода были благоприятными в 1984 г., удовлетворительными—в 1982, 1985, 1986 гг., а в остальные—неблагоприятными. В 1981 г. стояла жаркая и сухая погода, особенно во второй половине вегетационного периода. Первая половина лета 1982 г. характеризовалась обильным выпадением осадков и пониженными температурами; в 1983 г. осадки распределялись крайне неравномерно, причем их было явно недостаточно в первые, самые ответственные периоды роста яровых зерновых культур; 1984 г. отличался прохладной и влажной погодой, но также и недостатком влаги в мае и в I декаде июня. В 1985 г. первая половина вегетационного периода (до цветения) характеризовалась благоприятными условиями, вторая оказалась засушливой, в 1986 г., наоборот, первая половина вегетации была сухой, вторая—с обильным выпадением осадков, но с относительно благоприятной погодой для налива зерна.

Результаты

При внесении под пожнивную горчицу 50 N из нормы азота удобрений, предназначенной под последующую культуру, сбор, а следовательно, и запашка ее массы в среднем за 1980—1986 гг. при посеве по озимой пшенице составили 96—541, озимой ржи — 100—342, по ячменю — 38—242 ц/га, в бессменных посевах ячменя и овса соответственно 27—225 и 21—269 ц/га. Более низкий урожай поживной горчицы по ячменю и овсу определяется более поздними сроками ее посева в этом случае.

По накоплению культурами органических остатков и образованию из них гумуса наиболее выгодно выделялся среди других севооборотов зерновой с клевером (261 ц сухого вещества с 1 га), после него идет зернотравяной с двумя полями многолетних трав (240 ц), а на последнем месте — узкоспециализированный зерновой севооборот (200 ц).

Как видно из табл. 1, в специализированном зерновом севообороте в почву поступало в среднем за год на 1 га по 86,4—98,6 ц сухого вещества поживной горчицы, в котором содержалось 200—246 кг N, 76—86 кг P₂O₅, 202—229 кг K₂O, при бессменном возделывании ярового ячменя и овса — 17,7 и 16,0 ц сухого вещества, содержащего соответственно 36—46 и 22—31 кг N, 14—15 и 7—11 кг P₂O₅ и 38—42 и 19—28 кг K₂O при узком отношении C : N (14—15,5). За 6-летнюю ротацию в севообороте в среднем ежегодно запахивалось в расчете на гектар 47,7 ц соломы озимой пшеницы, 59,6 и 32,6 ц соломы озимой ржи и ячменя, в бессмен-

Т а б л и ц а 2

**Изменение почвенного плодородия за ротацию в севооборотах
и при бессменном посеве зернофуражных культур**
(в числителе — в слое почвы 0—20 см, в знаменателе — 20—40 см)

Характер возделывания	Удобрение	P ₂ O ₅ , мг/100 г		K ₂ O, мг/100 г		Гумус, %		Азот, %	
		1980	1986	1980	1986	1980	1986	1980	1986
Севооборот:									
I	NPK	14,8	14,2	16,9	16,4	1,91	1,89	0,179	0,179
		5,7	6,4	12,4	14,6	1,08	1,08	0,090	0,106
II	NPK	13,1	13,6	16,2	17,6	1,92	1,89	0,176	0,170
		6,1	7,1	12,1	14,7	1,12	1,13	0,099	0,109
III	NPK	13,5	14,4	16,9	18,7	1,91	1,82	0,173	0,166
		6,2	7,9	12,9	16,0	1,10	1,13	0,096	0,108
IV	NPK + Гпс	13,3	14,5	16,0	17,8	1,89	1,88	0,172	0,172
		5,7	7,7	11,8	15,0	1,13	1,14	0,097	0,113
V	NPK + Гпс + с	13,1	14,3	16,2	19,6	1,91	1,92	0,166	0,165
		5,9	6,8	10,9	15,5	1,19	1,09	0,092	0,108
Ячмень бессменно:									
1	Без удобрений	10,9	9,6	14,9	15,0	1,86	1,70	0,192	0,170
		7,2	6,6	10,8	13,8	1,12	1,09	0,105	0,100
2	NPK	10,4	13,8	15,0	18,0	1,82	1,69	0,181	0,181
		5,5	6,1	9,8	13,5	1,08	1,11	0,097	0,110
3	NPK + Гпс	15,3	14,3	17,2	18,3	1,79	1,81	0,178	0,181
		5,2	9,1	9,8	13,5	0,95	1,07	0,107	0,112
4	NPK + Гпс + с	14,3	14,9	15,7	18,5	1,95	1,94	0,185	0,188
		5,3	5,7	10,1	15,4	1,08	1,05	0,115	0,111
Овес бессменно:									
1	Без удобрений	11,3	7,7	14,0	14,5	1,83	1,71	0,171	0,165
		5,4	6,3	12,3	13,3	1,02	1,02	0,095	0,086
2	NPK	12,3	11,5	16,8	16,3	1,92	1,87	0,171	0,173
		4,9	5,1	10,5	14,9	1,11	1,03	0,098	0,093
3	NPK + Гпс	13,2	12,7	19,2	18,6	1,91	1,88	0,177	0,177
		5,1	5,3	9,7	11,3	1,02	1,05	0,089	0,089
4	NPK + Гпс + с	12,8	14,1	19,2	20,5	2,09	2,08	0,177	0,176
		6,6	6,6	13,5	15,9	1,02	1,08	0,102	0,112

Изменение физико-химических свойств пахотного слоя почвы
за ротацию севооборотов и в бессменных посевах зернофуражных культур
(в числителе — 1980 г., в знаменателе — 1986 г.)

Характер возделывания	Удобрение	N _г	N _{об}	S	pH _{сол.}	V, %
		мэ кв на 100 г				
Севооборот:						
I	NPK	2,02	0,03	15,9	5,5	88,7
		2,18	0,03	14,0	6,0	86,5
II	NPK	2,12	0,03	15,9	5,7	88,2
		2,35	0,03	14,2	5,9	85,8
III	NPK	2,03	0,02	16,2	5,7	88,6
		2,09	0,02	14,5	6,1	87,4
IV	NPK + Гпс	2,04	0,03	15,1	5,7	88,1
		2,12	0,03	13,7	5,9	86,6
V	NPK + Гпс + с	2,01	0,03	15,8	5,6	94,0
		2,04	0,03	14,7	6,1	87,8
Ячмень бессменно:						
1	Без удобрений	2,40	0,02	16,1	5,6	87,0
		1,96	0,02	14,8	5,8	86,0
2	NPK	2,38	0,02	17,9	5,6	88,3
		2,09	0,05	14,1	5,8	87,1
3	NPK + Гпс	2,14	0,02	16,2	5,8	88,3
		1,99	0,02	13,1	5,9	86,8
4	NPK + Гпс + с	2,35	0,02	16,8	5,6	87,7
		2,16	0,04	14,3	6,3	86,9
Овес бессменно:						
1	Без удобрений	1,73	0,02	15,3	6,1	89,8
		1,41	0,02	14,9	6,6	91,4
2	NPK	2,08	0,02	16,0	5,8	88,5
		1,79	0,02	13,9	5,9	88,3
3	NPK + Гпс	1,88	0,02	17,4	5,9	90,5
		1,64	0,02	15,2	6,0	90,3
4	NPK + Гпс + с	2,00	0,02	17,3	6,0	89,6
		1,83	0,02	15,0	5,9	89,1

ных посевах ячменя и овса — 31,3 и 43,2 ц соломы. При этом в севообороте с соломой дополнительно вносилось ежегодно на гектар 94 кг N, 50 кг P₂O₅, 209 кг K₂O, 61 кг С, при бессменном возделывании ячменя и овса — 20 кг N, 11—16 кг P₂O₅, 42—67 кг K₂O и 13—18 кг С.

Внесение минеральных удобрений на запланированный урожай в плодосменном севообороте обеспечивало устойчивое содержание гумуса в пахотном слое почвы (табл. 2). Имеются данные [25], что на суглинистых почвах, в пахотном слое которых содержится гумуса не менее 50 т/га, ежегодные его потери под зерновыми культурами и однолетними травами составляют 0,8—0,9, под кукурузой на силос — 1,3 т/га. Бездефицитный баланс органического вещества достигается без применения удобрений лишь в севообороте, где 75 % площади занято клеверо-злаковой смесью, а для устойчивого нарастания содержания гумуса в почве следует вносить по 5 т навоза на 1 га на каждые 0,01 % прибавки гумуса [14].

За 6-летнюю ротацию севооборота (1981—1986 гг.) наметилась тенденция к уравновешенному балансу гумуса в специализированном зерновом севообороте и в бессменных посевах зернофуражных культур только при совместном использовании пожнивного сидерата и соломы на удобрение. В бессменном посеве ячменя и овса без применения удобрений ежегодные потери гумуса не покрывались за счет растительных

Динамика содержания нитратного (в числителе) и аммиачного (в знаменателе) азота (мг на 1 кг почвы) под посевами ячменя (среднее за 1982—1986 гг.)

Характер возделывания	Удобрение	Посев— всходы	Кущение	Труб-кование	Цветение	Полная спелость
Севооборот:						
I	NPK	35,4	41,3	15,7	9,0	11,7
		<u>53,0</u>	<u>33,9</u>	<u>21,0</u>	<u>30,2</u>	<u>31,4</u>
III	NPK	28,2	29,9	12,0	9,3	8,7
		<u>44,7</u>	<u>35,4</u>	<u>31,5</u>	<u>31,9</u>	<u>29,5</u>
IV	NPK + Гпс	20,9	47,5	12,1	11,3	9,3
		<u>41,4</u>	<u>47,4</u>	<u>31,8</u>	<u>50,5</u>	<u>34,0</u>
V	NPK + Гпс + с	31,1	35,1	11,4	9,3	12,4
		<u>45,0</u>	<u>39,2</u>	<u>27,2</u>	<u>39,1</u>	<u>29,8</u>
Ячмень бес- сменно:						
1	Без удобрений	14,9	12,9	7,4	7,0	3,1
		<u>33,8</u>	<u>28,8</u>	<u>13,4</u>	<u>26,6</u>	<u>27,7</u>
2	NPK	30,0	26,4	9,6	9,8	10,2
		<u>44,1</u>	<u>30,1</u>	<u>25,8</u>	<u>28,4</u>	<u>25,5</u>
3	NPK + Гпс	32,1	38,3	13,1	8,3	9,2
		<u>39,9</u>	<u>36,6</u>	<u>37,7</u>	<u>29,2</u>	<u>32,5</u>
4	NPK + Гпс + с	22,9	40,8	14,5	11,0	11,6
		<u>40,9</u>	<u>38,4</u>	<u>30,8</u>	<u>28,4</u>	<u>37,1</u>

остатков и составляли 0,026 и 0,020 % к массе почвы. В севообороте с многолетними травами и клевером в слое почвы 0—20 см содержание гумуса стабилизировалось (табл. 2).

Почти во всех вариантах севооборотов содержание азота в пахотном слое почвы за 6-летнюю ротацию не изменилось. Содержание в почве подвижного фосфора (по Кирсанову) и в севооборотах, и в бессменных посевах зернофуражных культур через 6 лет также мало изменилось, что объясняется рациональным внесением фосфорных удобрений на запланированный урожай, а также вымыванием доступного фосфора в подпахотный горизонт. Содержание обменного калия (по Масловой) за то же время несколько повысилось в почве специализированного зернового севооборота на всех фонах удобрения, что связано в первую очередь с превышением поступления калия над выносом этого элемента с урожаями культур.

Известкование по полной гидролитической кислотности, проведенное в 1980 г. при закладке опыта, способствовало улучшению физико-химических свойств почвы во всех изучаемых севооборотах (табл. 3). Надо отметить, что в севообороте с 2-годовалым использованием трав большинство показателей химических и физико-химических свойств почвы стабилизировалось.

Образование и накопление нитратов в пахотном слое почвы перед посевом ячменя и овса наиболее интенсивным было в севообороте с многолетними травами и клевером, наименее интенсивным — в севообороте с одними зерновыми (табл. 4—5). Отмечено постоянное присутствие в почве в значительных количествах аммиачного азота, что, по-видимому, свидетельствует о неблагоприятных условиях для развития нитрифицирующих микроорганизмов. Интенсивность нитрификации во время роста растений не обеспечивает потребности последних в азоте, что приводит к обеднению почвы в конце вегетации нитратным азотом. В фазу кущения ячменя и овса содержание нитратного азота в почве было значительно выше в вариантах с заправкой пожнивного сидерата как в севообороте (47,5 мг), так и в бессменных посевах (38,3—40,8 мг). В последующие сроки определения эти различия становились менее заметными.

Динамика содержания нитратного (в числителе) и аммиачного (в знаменателе) азота (мг на 1 кг почвы) под посевами овса (среднее за 1982—1986 гг.)

Характер возделывания	Удобрение	Посев — всходы	Кущение	Трубкование	Цветение	Полная спелость
Севооборот:						
I	NPK	41,7	33,4	18,1	9,4	6,0
		35,3	46,6	36,1	45,1	32,8
II	NPK	42,7	43,4	16,7	19,5	12,9
		31,3	32,9	48,3	102,4	44,8
III	NPK	22,4	27,7	5,0	9,3	4,9
		34,1	25,7	38,2	34,4	40,7
IV	NPK + Гпс	35,4	21,0	6,6	11,7	9,0
		30,4	32,2	34,8	42,3	45,6
V	NPK + Гпс + с	29,5	26,3	4,6	24,9	14,1
		36,5	30,9	54,0	38,8	41,0
Овес бессменно:						
1	Без удобрений	10,8	4,4	6,3	4	2,5
		28,3	17,6	25,9	31,6	26,4
2	NPK	36,7	31,9	4,6	4,9	0,9
		41,2	37,6	36,3	35,1	26,9
3	NPK + Гпс	20,7	22,0	4,6	22,5	0,8
		40,3	27,0	35,0	75	36,7
4	NPK + Гпс + с	18,5	18,9	11,6	15,1	10
		30,6	21,7	26,1	91,5	35,3

В течение вегетации состав легкогидролизуемого азота изменяется. Содержание органического азота в процессе минерализации уменьшается, но одновременно происходит его обновление за счет разложения более сложных органических веществ почвы; минеральная форма азота потребляется растениями и восстанавливается за счет минерализации органического азота. Отмечено высокое содержание легкогидролизуемого азота в почве всех вариантов, за исключением бессменных посевов обеих зернофуражных культур, под которые не вносили удобрений (табл. 6, 7). Поскольку растения потребляют минеральный азот (преимущественно нитратный), отмечается, как правило, недостаток этого компонента фракции легкогидролизуемого азота; кроме того, наблюдается недостаточно интенсивное разложение органического вещества, особенно в вариантах с запашкой соломы и в севооборотах с многолетними травами, а также в бессменных посевах при использовании соломы на удобрение. О более интенсивном разложении зеленого удобрения горчицы в процессе вегетации свидетельствует увеличение минеральной фракции легкогидролизуемого азота. Наибольшее количество легкогидролизуемого азота отмечено в первой половине вегетационного периода; к уборке зернофуражных культур содержание этой фракции снижается, а в ее составе доминируют гидролизуемые органические соединения, что свидетельствует о постепенном затухании распада органического вещества.

Запашка пожнивного сидерата и соломы повышала биологическую активность почвы, о чем свидетельствует более интенсивное разложение льняного полотна в почве специализированного зернового севооборота под ячменем и овсом в данном варианте. В бессменных посевах зернофуражных культур этот эффект был несколько ниже (табл. 8).

Биологическая деятельность любого почвенного организма неизбежно сказывается на плодородии почвы. Особенно ценной для земледелия является способность некоторых микроорганизмов связывать свободный азот атмосферы и обогащать им почву. Минеральный азот не оказывает стимулирующего действия на развитие азотфиксаторов, когда в почву

Таблица 6

Динамика легкогидролизуемого азота и его органической фракции
(мг азота на 1 кг почвы соответственно в числителе и знаменателе)
в пахотном слое почвы под посевами ячменя (среднее за 1982—1986 гг.)

Характер возделывания	Удобрение	Посев— всходы	Кущение	Трубно- вание	Цветение	Полная спелость
Севооборот:						
I	NPK	115,3	117,3	76,4	83,0	63,2
		44,8	60,9	50,6	63,2	34,7
III	NPK	86,8	80,6	57,3	62,4	50,2
		31,2	38,5	42,1	35,9	27,4
IV	NPK + Гпс	99,9	111,9	67,8	80,0	67,3
		48,1	39,0	46,7	40,1	38,4
V	NPK + Гпс + с	106,7	102,1	75,2	88,4	72,0
		47,7	40,7	59,4	63,3	43,0
Ячмень бес- сменно:						
1	Без удобрений	64,7	70,4	45,6	54,3	39,3
		36,7	47,4	32,7	34,2	26,1
2	NPK	84,0	101,5	63,9	71,4	56,8
		32,5	57,4	47,3	45,5	35,4
3	NPK + Гпс	90,5	95,2	67,3	89,0	64,7
		21,8	27,1	38,2	59,9	36,8
4	NPK + Гпс + с	91,8	103,7	78,9	84,6	69,5
		36,4	40,8	50,8	55,7	36,6

не вносится органическое вещество. Активизацию процессов размножения анаэробных азотфиксирующих бактерий рода *Clostridium* можно объяснить поступлением в почву с сидератами и соломой легкодоступных углеводов и других веществ, а также интенсивным ростом аэробной микрофлоры.

Таблица 7

Динамика легкогидролизуемого азота и его органической фракции
(мг азота на 1 кг почвы соответственно в числителе и знаменателе)
в пахотном слое почвы под посевами овса (среднее за 1982—1986 гг.)

Характер возделывания	Удобрение	Посев— всходы	Кущение	Трубно- вание	Цветение	Полная спелость
Севооборот:						
I	NPK	107,8	89,9	65,2	70,9	68,0
		41,6	40,7	47,3	61,6	47,6
II	NPK	123,3	101,0	72,4	77,5	71,9
		36,7	34,4	52,2	34,8	30,2
III	NPK	79,3	67,9	57,1	55,9	51,4
		43,5	27,5	45,4	34,4	33,7
IV	NPK + Гпс	85,0	87,3	64,7	69,9	60,4
		25,6	52,7	51,3	41,4	28,5
V	NPK + Гпс + с	87,0	90,5	62,9	89,2	78,2
		38,0	30,1	46,5	40,2	31,3
Овес бессменно:						
1	Без удобрений	50,2	53,6	38,4	50,3	37,7
		34,2	40,0	31,9	30,8	25,3
2	NPK	92,3	78,2	63,2	62,2	60,1
		40,8	33,4	50,9	34,4	42,0
3	NPK + Гпс	77,4	73,7	54,8	82,5	52,5
		39,6	43,9	43,9	24,5	25,1
4	NPK + Гпс + с	80,5	74,7	51,8	78,8	73,1
		46,7	44,6	41,3	44,7	45,2

Биологическая активность почвы (% разложения льняной ткани)
в посевах зернофуражных культур (среднее за 1982—1986 гг.)

Характер возделывания	Удобрение	Под ячменем			Под овсом		
		1 мес	2 мес	3 мес	1 мес	2 мес	3 мес
Севооборот:							
I	NPK	29,6	37,4	53,4	26,9	41,4	5,67
II	NPK	—	—	—	26,8	35,5	52,6
III	NPK	20,2	29,2	40,4	20,8	29,4	42,0
IV	NPK + Гпс	28,3	33,2	50,3	27,5	40,5	59,8
V	NPK + Гпс + с	25,6	36,2	53,0	27,4	40,2	60,2
Бессменный посев:							
1	Без удобрений	14,0	22,0	33,7	18,2	25,5	34,8
2	NPK	19,0	29,1	42,8	20,6	30,3	43,1
3	NPK + Гпс	22,4	35,7	57,4	24,0	37,2	50,9
4	NPK + Гпс + с	23,4	35,4	51,1	24,1	33,7	59,6

При внесении зеленого удобрения в почву бессменного посева зернофуражных культур уровень ее потенциальной азотфиксирующей способности был в 9 раз выше, чем в варианте NPK, тогда как в почве севооборота IV (NPK+Гпс) в 25—50 раз выше, чем в севообороте III (NPK), и в 30 раз выше, чем в плодосменном севообороте.

Для специализированных зерновых севооборотов важна фитопатологическая оценка, особенно оценка развития корневых гнилей на зерновых культурах, так как они наиболее распространены и вредоносны в Нечерноземной зоне (табл. 9). При размещении ячменя по овсу в плодосменном севообороте во все годы опыта развитие корневых гнилей было меньше, чем при возделывании его в других севооборотах после озимой ржи и с большим удельным весом зерновых культур. Сильнее всего ячмень поражался корневыми гнилями в бессменных посевах на фоне без удобрений, а при внесении удобрений уровень инфицирования снижался на 14,9%. С увеличением удельного веса зерновых в севообороте с 50 до 83% заболеваемость корневыми гнилями повышалась с 21,5—60,0 до 48,2—75% (в зависимости от года), а интенсивность развития болезни к концу вегетации — с 8,8—23,2 до 14,8—31,2%. При 50% насыщении 6-польного зернового севооборота пожнивными культурами и при правильном чередовании зерновых культур происходило последовательное очищение почвы от возбудителей корневых гнилей. При использовании

Таблица 9

Развитие корневых гнилей (%) на зерновых культурах
в специализированных севооборотах и при бессменном посеве
(среднее за 1983—1986 гг.)

Характер возделывания	Удобрение	Ячмень			Оз. пшеница		
		предшественник	больные растения	вредоносность	предшественник	больные растения	вредоносность
Севооборот:							
I	NPK	Овес	41,2	14,4	Многолетние травы	22,4	31,9
II	NPK	Оз. рожь	40,9	15,0	Клевер	38,2	17,4
III	NPK	« «	52,5	23,9	Смесь вики с овсом	30,8	23,2
IV	NPK + Гпс	« «	46,3	17,6	То же	21,7	15,4
V	NPK + Гпс + с	« «	51,0	18,7	«	33,0	14,6
Ячмень бессменно:							
1	Без удобрений	Ячмень	76,6	40,0			
2	NPK	«	61,7	24,2			
3	NPK + Гпс	«	57,8	22,1			

Засоренность посевов зернофуражных культур (среднее за 1982—1986 гг.)

Характер возделывания	Удобрение	Количество сорняков, шт/м ²				Масса сорняков в фазу восковой спелости зерна, г/м ²			
		кущение		восковая спелость		сырая		сухая	
		ячмень	овес	ячмень	овес	ячмень	овес	ячмень	овес
Севооборот:									
I	NPK	106	129	18	38	34,3	35,8	5,9	7,9
II	NPK	—	141	—	42	—	36,2	—	10,4
III	NPK	125	128	51	38	58,1	89,2	11,9	13,9
IV	NPK + Гпс	119	144	40	49	41,7	55,4	7,2	10,2
V	NPK + Гпс + с	174	121	43	38	52,4	39,1	9,5	8,5
Бессменные посе- вы:									
1	Без удобрений	272	186	101	65	92,8	85,9	15,4	14,7
2	NPK	199	162	48	47	65,7	75,1	13,1	11,7
3	NPK + Гпс	250	147	48	51	56,2	55,8	10,0	9,7
4	NPK + Гпс + с	215	142	43	46	84,7	53,5	13,1	8,3

в виде зеленого удобрения пожнивной белой горчицы распространенность и развитие корневых гнилей в посевах ячменя снизилось от 52,5 до 46,3 % и с 23,9 до 17,6 %.

На 6-й год ротации севооборота наблюдалось снижение вредоносности корневых гнилей в посевах озимой пшеницы в результате последействия пожнивной сидерации и заправки соломы (табл. 9).

К биологическим факторам, ограничивающим урожайность при специализации земледелия на производстве зерна, относится также засоренность посевов. Известно, что правильное чередование различных видов зерновых культур в сочетании с применением агротехнических и химических средств борьбы позволяет в значительной мере решить проблему уничтожения сорняков в зерновых севооборотах [1—4, 11, 22].

Анализ засоренности посевов в фазу кущения в нашем опыте показал, что в этот период она в большей степени зависела от погодных условий и удобрений и в меньшей — от структуры посевных площадей (табл. 10). Не прослеживалось по годам увеличение засоренности посевов ячменя и овса на высоком фоне минерального питания при увеличении доли зерновых культур в севообороте. Наблюдался некоторый рост засоренности ячменя в фазу кущения при заправке соломы в специализированном севообороте (174 шт/м²) по сравнению с вариантом NPK (125 шт/м²). После 6-летнего применения гербицидов засоренность зернофуражных культур резко снизилась, причем в большей степени в посевах ячменя (в 2,5—5,3 раза), в меньшей — овса (в 2,8—4,0 раза). Выявлена положительная роль пожнивной сидерации в снижении засоренности посевов ячменя и овса. Однако степень его влияния зависела от метеорологических условий после уборки культуры, от сроков посева горчицы и в конечном итоге от урожая зеленой массы сидерата.

Насыщение севооборота зерновыми культурами от 50 до 83 % и бессменное возделывание привело к увеличению засоренности посевов ячменя и овса как по количеству сорняков перед уборкой, так и по их массе, несмотря на ежегодное применение гербицидов. Заправка сидератов в чистом виде и в сочетании с соломой положительно влияла на рост и развитие ячменя и овса, вследствие чего повышалась их конкурентная способность по отношению к сорнякам. Так, в специализированных севооборотах сухая масса сорняков в посевах ячменя уменьшилась в результате применения пожнивной сидерации на 39,5 %, а при заправке и соломы — на 20,2 %, в посевах овса соответственно на 26,6 и 38,8 %. В бессменных посевах ячменя количество сорняков в фазу кущения было в среднем в 1,7, а в фазу восковой спелости — в 3,75 раза больше, чем в плодосменном севообороте.

Качество зерна фуражных культур (среднее за 1982—1986 гг.)

Характер возделывания	Удобрение	Натурная масса, г/л		Масса 1000 зерен, г		Пленчатость, %		Белок, %		Крахмал, %	
		ячмень	овес	ячмень	овес	ячмень	овес	ячмень	овес	ячмень	овес
Севооборот:											
I	NPK	602	487	36,4	31,3	8,8	27,5	13,4	13,5	59,5	43,6
II	NPK	607	479	36,0	31,4	8,7	27,8	13,2	12,7	60,6	44,1
III	NPK	601	484	37,5	30,2	8,8	29,1	13,5	12,6	61,3	44,0
IV	NPK + Гпс	607	497	37,2	32,8	8,7	27,7	13,2	13,2	62,8	44,9
V	NPK + Гпс + с	605	486	37,2	31,5	8,3	28,2	13,0	13,3	64,3	43,0
Бессменные посеы:											
1	Без удобрений	579	467	33,8	29,2	9,4	30,6	12,9	11,8	65,0	44,6
2	NPK	587	481	34,5	30,3	8,8	28,5	13,0	13,2	62,4	43,7
3	NPK + Гпс	593	479	35,6	31,2	8,9	28,5	13,0	12,9	61,1	43,2
4	NPK + Гпс + с	594	485	36,3	31,5	8,8	29,3	12,8	13,2	59,9	43,9

Пожнивная сидерация в севообороте с предельным насыщением зерновыми культурами обеспечивала снижение потенциальной засоренности почвы семенами сорняков в посевах ячменя на 19,8, овса — на 10,9 % к исходному уровню. В бессменных посевах эффект от запашки зеленой массы горчицы в почву был выше: по ячменю снижение засоренности составило 20,2 %, по овсу — 24,8 %.

При запашке горчицы совместно с соломой как в севообороте, так и при бессменном возделывании запас семян сорняков в почве под этими зернофуражными культурами несколько (на 2,3—12,5 %) увеличился, что связано с дополнительным поступлением семян сорняков в почву с соломой.

В результате применения гербицида и различных удобрений изменилась структура агрофитоценоза. В посевах зернофуражных культур в специализированном зерновом севообороте на фоне удобрения соломой в составе сообщества сорняков резко возрос процент трехреберника непачучего, который при данной специализации может стать злостным сорняком из-за его способности засорять как яровые, так и озимые зерновые культуры и из-за его устойчивости к гербициду 2,4-Д. В этих вариантах резко увеличился удельный вес пикульников (с 35,3 до 89,4 и с 32,4 до 87,5 шт/м²). В посевах в специализированном зерновом севообороте при использовании в качестве удобрения поживной горчицы и соломы процент мари белой был ниже, чем при внесении только NPK. В бессменных посевах ячменя и овса под действием поживной сидерации и соломы снизился удельный вес пикульников.

Насыщение 6-польного севооборота зерновыми культурами с 50 до 83 % не приводило к снижению содержания белка и крахмала в зерне фуражных культур (табл. 11). Применение поживной сидерации в чистом виде и в сочетании с удобрением соломой не обеспечило увеличения содержания белка в зерне. Запашка поживной горчицы в чистом виде в условиях предельного насыщения 6-польного севооборота зерновыми культурами и бессменного их возделывания позволила получать зерно фуражных культур с такими же технологическими качествами, как в плодосменном севообороте.

Изменение основных показателей плодородия дерново-подзолистой почвы по вариантам опыта влияло как на урожай сельскохозяйственных культур, так и на продуктивность севооборота, однако уровень урожайности культур в севооборотах и бессменных посевах в значительной мере зависел от метеорологических условий, которые для озимой пшеницы были благоприятными в 1982, 1983 и 1986 гг., для озимой ржи — в 1981—1985 гг., для ячменя — в 1982, 1984 и 1986 гг., для овса — в 1984

Урожайность зерновых культур (ц/га) за первую ротацию севооборота (среднее за 1981—1986 гг.).

Характер возделывания	Удобрение	Яр. ячмень	Яр. овес	Оз. пше-ница	Оз. рожь
Севооборот:					
I	НРК	34,0	30,0	39,0	—
II	НРК	33,3	33,0	39,5	44,5
III	НРК	32,7	31,1	35,7	41,5
		29,4			
IV	НРК + Гпс	33,5	31,9	38,6	42,7
		33,0			
V	НРК + Гпс + с	33,5	31,6	38,9	44,4
		33,4			
Бессменные посевы:					
1	Без удобрений	19,5	30,3		
2	НРК	28,8	29,0		
3	НРК + Гпс	30,9	29,5		
4	НРК + Гпс + с	31,5	28,8		

Примечание. В числителе — по овсу, в знаменателе — по озимой ржи.

Таблица 13

Продуктивность
(ц с 1 га севооборотной площади)
севооборотов и бессменных посевов
(среднее за 1981—1986 гг.)

и 1985 гг., т. е. всего в течение 2—3 лет из 6 за ротацию. По этой причине в большинстве случаев не была достигнута запланированная урожайность, тем не менее четко прослеживалась различная реакция зерновых культур на увеличение в севообороте доли зерновых культур, на предшественники и удобрение. Так, с ростом доли зерновых с 50 до 83 % на фоне НРК в среднем за 6 лет урожайность ячменя снизилась на 14 %, а урожайность овса оставалась практически без изменений (табл. 12). И на 4—5-й год бессменного посева на фоне тех же минеральных удобрений урожайность овса составляла 41,3—41 ц/га, а ячменя — лишь 31,8—22,7 ц/га. По-разному реагировали эти культуры и на запашку пожнивного зеленого удобрения. Применение зеленого удобрения в севообороте зерновой специализации в среднем за 6 лет давало прибавку урожая зерна ячменя 3,6, а сочетание сидерата с соломой — 4,7 ц/га. Прибавка урожая овса в этих же условиях составила всего лишь 0,5—0,8 ц/га. При бессменном возделывании ячменя наблюдалось значительное снижение его урожайности. Так, в варианте НРК она была на 5,2 ц/га ниже, чем в плодосменном севообороте. Прибавка от запашки сидерата в чистом виде и вместе с соломой в бессменных посевах ячменя в среднем за 6 лет составила 2,1—2,7 ц/га и зависела в основном от количества за-паханной зеленой массы.

Характер возделывания	Удобрение	Зерно	Кормовые единицы	Зерновые единицы
Севооборот:				
I	НРК	17,3	63,2	57,0
II	НРК	24,6	49,5	41,5
III	НРК	28,1	45,6	38,5
V	НРК + Гпс	29,7	50,0	40,7
VI	НРК + Гпс + с	30,4	50,6	40,3
Бессменные посевы ячменя:				
1	Без удобрений	19,5	31,0	23,7
2	НРК	28,8	44,5	34,6
3	НРК + Гпс	31,0	49,3	37,2
4	НРК + Гпс + с	31,4	48,8	38,0
Бессменные посевы овса:				
1	Без удобрений	20,3	27,7	22,2
2	НРК	29,1	42,1	33,5
3	НРК + Гпс	29,4	42,0	33,5
4	НРК + Гпс + с	28,8	41,7	33,0

Урожайность озимой пшеницы и озимой ржи при повышении удельного веса зерновых культур в севообороте с 50 до 83 % на фоне НРК снизилась соответственно на 3,3 и 2,8 ц/га. Интересно отметить, что эффект от зеленого удобрения и удобрения соломой в последствии на озимой пшенице (2,9—3,2 ц/га) и озимой ржи (3,1 ц/га) был почти таким же, как при прямом действии на ячмень (3,6—4 ц/га). Устойчивое повышение урожайности озимых культур через 3—5 лет выращивания сидератов связано с тем, что после этого срока появляется кумулятивное действие зеленого удобрения, т. е. повышается урожайность тех культур, под которые удобрения непосредственно не запахиваются.

По выходу кормовых единиц (табл. 13) зерновой севооборот уступал плодосменному, но с учетом того, что при использовании пожнивного сидерата и пожнивного сидерата совместно с соломой такой севооборот способствует значительному увеличению производства зерна (с 17,3 до 30,4 ц), он может быть использован при зерновой специализации земледелия на среднекультуренных дерново-подзолистых почвах Центрального района Нечерноземной зоны РСФСР.

Заключение

Изучение плодородия дерново-слабоподзолистой среднесуглинистой среднекультуренной почвы в севооборотах разной степени зерновой специализации и в бессменных посевах зернофуражных культур показало, что систематическое внесение минеральных удобрений в нормах, рассчитанных на получение запланированных урожаев, и запашка пожнивного зеленого удобрения позволяют поддерживать содержание гумуса на исходном уровне, а с внесением соломы на удобрение на 50 % площади севооборота обеспечивается повышение содержания гумуса в почве севооборота зерновой специализации.

При внедрении специализированных зернофуражных севооборотов в хозяйствах Центрального района Нечерноземной зоны насыщение их зерновыми колосовыми можно доводить до 83 % при условии внесения минеральных удобрений на запланированный урожай, возделывания и запашки поживной горчицы на зеленое удобрение, удобрения соломой, применения химических средств защиты от сорняков, болезней, вредителей. В этом случае в таких севооборотах создаются благоприятные условия для повышения эффективного плодородия почвы, возрастает биологическая и нитрификационная способность почвы, снижаются пораженность зерновых культур болезнями и засоренность посевов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев С. А. Севооборот и плодородие дерново-подзолистых почв. — Вестн. с.-х. науки, 1982, № 4, с. 75—86 — 2. Воробьев С. А. Нучные основы севооборотов в условиях интенсификации земледелия. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 5, с. 3—11. — 3. Воробьев С. А. Совершенствование севооборотов. Земледелие, 1983, № 1, с. 33—34. — 4. Воробьев С. А., Иванов Ю. Д. Урожайность зерновых культур и плодородие почвы в специализированных севооборотах в Подмосковье. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 3, с. 22—32. — 5. Воробьев С. А., Иванов Ю. Д., Иванова С. Ф. Плодородие почвы в специализированных севооборотах. — Вестн. с.-х науки, 1978, № 1, с. 32—42. — 6. Воробьев С. А., Лошаков В. Г., Иванова С. Ф. Роль поживного зеленого удобрения в борьбе с сорняками в зерновых севооборотах Нечерноземной зоны РСФСР. — Изв. ТСХА, 1984, вып. 1, с. 58—63. — 7. Воробьев С. А., Сафонов А. Ф., Иванов Ю. Д., Кураш Л. М. Ячмень в специализированных севооборотах — Земледелие, 1976, № 7, с. 27—29. — 8. Гусев Г. С. Продуктивность севооборотных звеньев при использовании поживной сидерации и соломы на удобрение. — Автореф. канд. дис. М., 1975. — 9. Иванов Ю. Д. Зернофуражные севообороты для хозяйств Нечерноземья. — Земледелие, 1985, № 2, с. 39—41. — 10. Канг Г. Земледелие без плуга. — М.: Колос. 1980. — 11. Лошаков В. Г. Промежуточные культуры как фактор интенсификации земледелия и окультуривания дерново-подзолистых почв. — Автореф. докт. дис. М., 1982. — 12. Лошаков В. Г., Гусев Г. С. Влияние поживной сидерации и соломы как удобрения на пораженность ячменя корневыми гнилями в различных севооборотных звеньях. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 2, с. 37—48. 13. Лошаков В. Г., Емцев В. Т., Ницэ Л. К. и др. Биологическая активность почвы в специализированном зерновом севообороте при использовании поживного сидерата и соломы в качестве удобрения. — Изв. ТСХА, 1986, вып. 4, с. 10—

17. — 14. Лошаков В. Г., Иванова С. Ф. Плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборотных звеньев с различным насыщением зерновыми культурами. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 3, с. 41—51. 15. Лошаков В. Г., Иванова С. Ф., Асхабов Р. Ю., Пашков А. И. Пожнивные культуры в зерновых севооборотах. — Земледелие, 1986, № 10, с. 27—29. 16. Лошаков В. Г., Иванова С. Ф., Пашков А. И. и др. Влияние севооборота и пожнивного сидерата на засоренность посевов и урожайность зернофуражных культур. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 2, с. 22—31. — 17. Лошаков В. Г. Кружков Н. К. Влияние пожнивных зеленых удобрений на биологические показатели плодородия дерново-подзолистой почвы и урожайность ячменя в полевых севооборотах. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 4, с. 24—31. 18. Лошаков В. Г., Султанов М. М., Сидоренко О. Д. Пожнивное зеленое удобрение

и биологические факторы чередования культур в зерновом севообороте. — Вестн. с.-х. науки, 1984, № 4, с. 29—37. — 19. Матвеева В. И. Использование органических удобрений в зависимости от специализации растениеводства. — В кн.: Севообороты в условиях специализации и концентрации сельскохозяйственного производства — Таллин; Вологда, 1978, с. 78—82. 20. Цивенко И. А., Кудрявцева С. В. Плодородие дерново-подзолистой почвы в севооборотах, специализированных на производстве зерна. — Вестн. с.-х. науки, 1980, № 3, с. 108—113. — 21. — Цивенко И. А., Кудрявцева С. В. Совместимость зерновых в севооборотах. — Зерновое хоз-во, 1981, № 7, с. 24—25. — 22. Цивенко И. А., Кудрявцева С. В. Продуктивность различных севооборотов и их влияние на плодородие почвы. — Вестн. с.-х. науки, 1985, № 2, с. 49—57.

Статья поступила 22 июля 1988 г.

SUMMARY

Soil fertility was studied in rotations specialized to different degree and in monocultures of grainforage crops on soddy slightly podzolic mid-cultivated medium loams.

When specialized grainforage crop rotations are introduced on farms of Central region of Non-chernozem zone, they may contain up to 83 % of grain crops, if fertilizers are applied for the programmed yield, after — harvest mustard is grown and plowed under as fertilizer, straw is used as fertilizer, chemical protection from weeds, pests and diseases is applied. In this case favourable conditions for increasing the efficient soil fertility are created in such crop rotations.