

УДК 631.81.036:631.452:631.445.2:[631.582+631.582.1

НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ ПРИ БЕССМЕННОМ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР И В ЗЕРНОВЫХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СЕВОБОРОТАХ

В.Г. ЛОШАКОВ, Ф. ЭЛЛМЕР, Ю.Н. СИНИХ

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

В стационарном опыте, заложенном в 1980 г. в учхозе Михайловское Московской области, изучали влияние длительного (1987—1992 гг.) применения пожнивного зеленого удобрения (горчицы) как в чистом виде, так и совместно с удобрением соломой и отдельно минеральных удобрений на накопление органического вещества, поступление углерода, содержание гумуса и водорастворимого углерода в среднесуглинистой дерново-подзолистой почве средней степени окультуренности, а также на урожайность зерновых культур в специализированных зерновых севооборотах и бессменных посевах ячменя и овса. Установлено, что изучаемые приемы в зерновых севооборотах обеспечивали существенное превышение уровня поступления органических веществ в почву. При этом отмечена тенденция к накоплению гумуса и повышению выхода зерна и продуктивности до уровня в плодосменном севообороте.

В Центральном районе Нечерноземной зоны большое значение приобретает проблема сохранения и накопления органического вещества в почвах специализированных севооборотов. Его роль в поддержании плодородия почвы на достаточном уровне исключительно велика, особенно при ис-

пользовании интенсивных технологий, повышенных доз минеральных удобрений и пестицидов. В то же время органическое вещество не может рассматриваться только как источник элементов питания, поскольку в условиях интенсивного земледелия на первый план выступают другие, не

менее важные его функции, в частности, обеспечение благоприятных физико-химических и биологических свойств почвы [3].

Наукой доказано [1, 2, 4], что с помощью органических удобрений и севооборота можно регулировать процессы синтеза и разрушения органического вещества в почве. Многие исследователи считают корневые и пожнивные остатки основным источником пополнения запасов органического вещества в почве [1, 2, 4, 5, 7].

Количество поступающих в почву растительных остатков определяется видом растения, характером его использования и урожайностью, агротехникой и рядом других показателей. Ежегодное поступление в почву органических остатков в агроценозах составляет 27—55% биомассы, создаваемой культурной растительностью [6].

В данной работе приводятся данные о поступлении растительных остатков, анализа гумуса, водорастворимого углерода за 2-ю (1987—1992 гг.) ротацию специализированных севооборотов в длительном многофакторном стационарном опыте, заложенном в 1980 г. на опытном поле экспериментальной базы Тимирязевской академии «Михайловское».

Методика

Схема опыта и агротехника культур подробно описаны в ряде статей в журнале «Известия ТСХА» [2 и др.].

В данном сообщении рассматриваются пять севооборотов: I — 50% зерновых + NPK (условно для краткости I — NPK), II —

67% зерновых + NPK (II — NPK), III — 83% зерновых + NPK (III — NPK), IV — 83% зерновых + NPK + пожнивной сидерат (IV — NPK + ПС), V — 83% зерновых + NPK + ПС + солома на удобрение (V — NPK + ПС + С). В бессеменных посевах ячменя и овса варианты различались по фону питания: 1 — без удобрений, 2 — NPK, 3 — NPK + ПС, 4 — NPK + ПС + С.

Минеральные удобрения вносили в расчете на запланированные урожаи озимых пшеницы и ржи — 50 ц/га, овса и ячменя — 40 ц/га. Учет урожая зерна и зеленой массы основных культур проводили сплошным методом, соломы и зеленой массы пожнивного сидерата — методом пробных снопов на метровках, растительных остатков — рамочным методом после уборки урожая по методике Н.З. Станкова (1957 г.).

Анализ образцов почвы, отобранных в конце 2-й ротации в 1992 г., выполняли в лаборатории кафедры растениеводства Берлинского университета им. Гумбольдта. Содержание общего углерода определяли методом Тюрина с использованием компьютерной техники [10], водорастворимого углерода — в горячей воде [11].

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований (1987—1992 гг.) различались по температурному режиму, количеству осадков и их распределению. В 1987 г. май был влажным, сумма выпавших осадков — 76,6 мм, в июле и августе стояла прохладная погода, выпало 63,3 и 58,8 мм осадков. Следующий год характеризовался су-

хой жаркой погодой с обильными осадками во II декаде июля. В 1989 г. отмечались майская (19 мм) и июньская (31 мм) засухи и обильные осадки в I декадах июля и августа — 158,2 и 64,9 мм. В 1990 г. метеорологические условия в первой половине вегетационного периода были близки к средним многолетним, во второй — отмечалось избыточное количество осадков в июле и августе — на 23,9 и 25,5 мм больше нормы. Вегетационный период 1991 г. характеризовался повышенной температурой в мае и июне, в последующие месяцы она практически не отличалась от средней многолетней, осадков в мае выпало больше нормы на 28,8 мм, а в июне и июле — меньше нормы на 17,5 и 9,7 мм. В 1992 г. заканчивалась 2-я ротация севооборотов и бессменных посе-

вов зернофуражных культур. Этот год характеризовался сухой жаркой погодой с майско-июньской засухой и с незначительными осадками в июле — августе.

Результаты

Урожай зеленой массы пожнивной горчицы различался по годам исследований и зависел в основном от метеорологических условий в пожнивный период и сроков сева (табл. 1). В среднем за 1987—1992 гг. после озимых зерновых культур он оказался довольно высоким — до 247,6 ц/га (29,9 ц абсолютно сухого вещества на 1 га). Значительно ниже урожай зеленой массы горчицы был после ярового ячменя — 160—197 ц/га (17,7—20,7 ц абсолютно сухого вещества на 1 га), что определялось в основном более поздними сроками сева.

Т а б л и ц а 1

Урожайность (ц/га) пожливной горчицы в среднем за 1987—1992 гг.

Предшественник	Зеленая масса	Абсолютно сухое вещество
В севообороте:		
оз. пшеница + NPK + ПС	222	27,4
оз. пшеница + NPK + ПС + С	202	25,5
оз.рожь + NPK + ПС	248	29,9
оз.рожь + NPK + ПС + С	225	28,4
ячмень + NPK + ПС	166	17,7
ячмень + NPK + ПС + С	160	18,6
В бессменных посевах:		
ячмень + NPK + ПС	197	17,8
ячмень + NPK + ПС + С	183	20,7

Таким образом, после уборки озимых зерновых культур в условиях Московской области можно получать высокие урожаи пожливной горчицы на зеленое удобрение [8].

По накопленню в почве расти-

тельных остатков (пожнивных и корневых) культуры, возделываемые в севооборотах, в порядке убывания располагаются следующим образом: клевер — кукуруза — овес — вико-овсяная смесь (на зеленый

корм) — озимые зерновые — ячмень.

В I и II севооборотах (50 и 67% зерновых) за счет многолетних трав, клевера, а также большей фитомассы остальных культур, полученной благодаря лучшим условиям роста и развития растений, среднее ежегод-

ное поступление растительных остатков в почву составило соответственно 40,6 и 39,5 ц абсолютно сухого вещества на 1 га севооборотной площади. В III севообороте (83% зерновых) значение этого показателя было на 14,5% ниже, чем в I севообороте (табл. 2).

Таблица 2

Поступление растительных остатков (ц сухого вещества на 1 га) в слой почвы 0—20 см в севооборотах с различным насыщением зерновыми культурами (1987—1992 гг.)

Севооборот (% зерновых) и удобрение	Пожнивные	Корневые	Всего
I (50) — NPK	12,7	27,9	40,6
II (67) — NPK	13,1	26,4	39,5
III (83) — NPK	12,9	21,8	34,7
IV (83) — NPK + ПС:			
всего	21,4	25,4	46,8
в т.ч. горчица	—	—	17,6
V (83) — NPK + ПС + С:			
всего	42,5	27,6	70,1
в т.ч. горчица	—	—	15,5
солома	—	—	24,2

При длительном применении пожнивного зеленого удобрения (IV севооборот) общее поступление органического вещества увеличилось до 46,8 ц/га, в том числе за счет пожнивной горчицы оно возросло на 34,9% по сравнению с данным показателем в III севообороте. В V севообороте запашка пожнивной горчицы и соломы обеспечила поступление соответственно 15,5 и 24,2 ц сухого органического вещества на 1 га при общем его количестве 70,1 ц/га. При многолетнем использовании пожнивной горчицы и соломы на удобрение под бессменный посев ячменя в почву поступило 25,1 ц

углерода на 1 га, что в 2,2 раза больше, чем в варианте NPK, и в 3,7 раза больше, чем при возделывании ячменя без удобрений.

Анализ динамики гумусового режима почвы показал, что за 12 лет во всех изучаемых вариантах содержание гумуса в почве имело тенденцию к повышению по сравнению с исходным его уровнем (табл. 3), несмотря на то, что в годы первой ротации (1980—1986) оно снизилось как в целом в слое почвы 0—40 см, так и по слоям 0—20 и 20—40 см. Последнее объясняется тем, что в этот период проявлялось влияние в основном только одних минераль-

ных удобрений, а в годы второй ротации (1987—1992) начал срабатывать накопительный эффект от длительного использования как НРК, так и пожнивной гор-

чицы на зеленое удобрение (в чистом виде) и в сочетании с удобрением соломой, которая к тому же запахивалась в значительно большем количестве (см. табл. 1).

Таблица 3

**Изменение содержания гумуса (по углероду) в почве
за 2 ротации севооборотов (1980—1992 гг.)**

Севооборот и удобрение	Слой почвы, см	Гумус. %			Увеличение к исходному уровню
		1980 г.	1986 г.	1992 г.	
I (50) — НРК	0—20	2,00	1,89	2,58	
	20—40	1,07	1,08	1,45	
	0—40	1,52	1,47	2,01	
II (67) — НРК	0—20	1,96	1,79	2,36	+0,49
	20—40	1,15	1,16	1,34	
	0—40	1,54	1,47	1,85	
III (83) — НРК	0—20	1,91	1,81	2,19	+0,31
	20—40	1,10	1,05	1,64	
	0—40	1,49	1,43	1,91	
IV (83) — НРК + ПС	0—20	1,90	1,82	2,17	+0,42
	20—40	1,12	1,14	1,41	
	0—40	1,50	1,47	1,79	
V (83) — НРК + ПС + С	0—20	1,92	1,78	2,28	+0,29
	20—40	1,06	1,09	1,65	
	0—40	1,48	1,42	1,96	
НСП ₀₅	0—40	0,11	0,11	0,21	+0,48

Насыщение полевого севооборота зерновыми культурами с 50 до 83% без посевов многолетних трав приводило к снижению содержания гумуса с 0,49% в плодосменном севообороте до 0,31% и 0,42 во II и III севооборотах. В IV севообороте (НРК + ПС) прирост гумуса составил 0,29%, а в V (НРК + ПС + С) — 0,48, т.е. был почти таким же, как в плодосменном.

Аналогичная динамика содержания гумуса в почве наблюдалась и при бессменных посевах ячменя.

Наряду с содержанием общего гумуса большое значение для оп-

ределения уровня плодородия почвы имеет наличие в почве лабильной формы гумуса. Для оценки этого показателя нами впервые использовалась методика определения содержания водорастворимого углерода в горячей воде.

Установлено, что при увеличении доли зерновых в севообороте с 50 до 83% содержание лабильного гумуса в пахотном слое почвы снижалось с 52,1 до 42,3 мг на 100 г (табл. 4). Однако при включении в специализированный зерновой севооборот пожнивного зеленого удобрения оно увеличилось до 47,7 мг, а при совместном использовании пожнивной горчи-

цы и соломы в качестве удобрения — до 54,3 мг на 100 г. Аналогичное увеличение содержания

лабильного гумуса наблюдалось и при длительных бессменных посевах ячменя (табл. 5).

Т а б л и ц а 4
Содержание водорастворимого углерода в почве севооборотов в 1992 г.
(мг на 100 г)

Слой почвы, см	I—NPK	II—NPK	III—NPK	IV—NPK+ПС	V—NPK+ПС+С	HCP ₀₅
0—20	52,1	51,2	42,3	47,7	54,3	6,3
20—40	37,1	29,1	34,0	24,6	30,9	5,5

Т а б л и ц а 5
Содержание водорастворимого углерода в почве бессменных посевов ячменя и овса в 1992 г.

Слой почвы, см	Ячмень				Овес		HCP ₀₅
	без удобрений	NPK	NPK+ПС	NPK + ПС + С	без удобрений	NPK	
0—20	38,5	44,5	58,2	60,4	42,5	53,3	6,3
20—40	27,5	31,2	29,7	29,8	34,9	46,6	5,5

Таким образом, V севооборот (NPK + ПС + С) среди других изучаемых севооборотов характеризуется наиболее выраженной тенденцией к накоплению гумуса: здесь за 2-ю ротацию севооборотов (1987—1992 гг.) был получен положительный ежегодный баланс гумуса.

Урожайность культур в основном зависела от погодных условий, которые были благоприятными лишь в 1987 и 1990 гг., и от количества запахаиваемой зеленой массы пожнивной горчицы (см. табл. 1). Однако независимо от метеорологических условий четко прослеживалась различная реакция культур на увеличение в севообороте доли зерновых, предшественники и удобрение.

Из-за неблагоприятных погодных условий в отдельные годы

2-й ротации прибавка урожая ячменя так же, как и в 1-ю ротацию севооборотов, не всегда была достаточно высокой, но и здесь отмечена тенденция к ее повышению в варианте с пожнивным сидератом (табл. 6). Эффективность зеленых удобрений различалась по годам и зависела в основном от количества запаханной зеленой массы.

Урожайность ячменя в среднем за 1987—1992 гг. при увеличении насыщения севооборотов зерновыми с 50 до 83% снизилась на 6,7 ц/га, или на 17,1%, а при включении в севооборот пожнивного зеленого удобрения в чистом виде и в сочетании с соломой в среднем повысилась соответственно на 3,7 и 4,0 ц/га, или на 11,4 и 12,3%. Однако наибольшую урожайность ячменя (39,2 ц/га) обес-

Т а б л и ц а 6

Урожайность зерновых культур (ц/га) в среднем за 1987—1992 гг.

Характер возделывания	Ячмень	Овес	Оз. пшеница	Оз. рожь
Севооборот:				
I (50) — NPK	39,2	30,1	52,5	—
II (67) — NPK	34,8	34,2	51,9	45,2
III (83) — NPK	32,5	28,3	42,8	37,9
IV (83) — NPK + ПС	36,2	31,5	47,2	41,5
V (83) — NPK + ПС + С	36,5	31,2	46,6	44,1
Бессменные посевы:				
1 — без удобрений	11,0	15,9	—	—
2 — NPK	31,4	18,5	—	—
3 — NPK + ПС	31,7	—	—	—
4 — NPK + ПС + С	30,7	—	—	—

печивал плодосменный севооборот.

В бессменных посевах ячменя значение этого показателя заметно ниже, чем в севообороте, особенно в вариантах без удобрений. При внесении NPK урожайность бессменного ячменя оказалась на 7,8 и 1,1 ц/га ниже, чем соответственно в I и III севооборотах. За 1987—1992 гг. при бессменном посеве ячменя практически не было получено прибавки урожая от пожнивной сидерации и удобрения соломой.

Мало изменялась урожайность овса при увеличении насыщения севооборота зерновыми культурами с 50 до 83% на фоне NPK. Во II севообороте при посеве овса по обороту пласта клевера его урожайность достигала 34,2 ц/га, а от зеленого удобрения отдельно и совместно с соломой она повысилась еще на 3,2 и 2,9 ц/га.

В III севообороте в среднем за 6 лет урожайность озимой пшеницы была на 9,7 ц/га, а озимой ржи — на 7,3 ц/га ниже, чем в плодосмене. Интересно отметить, что

последствие пожнивной сидерации как в чистом виде, так и в сочетании с удобрением соломой в посевах озимой пшеницы и озимой ржи было почти таким же, как прямое их действие в посевах ячменя: прибавки составили соответственно 4,4 и 3,8; 3,6 и 6,2; 3,7 и 4,0 ц/га. Устойчивое повышение урожайности озимых культур после 12-летнего выращивания сидератов связано с аккумулятивным эффектом зеленого удобрения.

По выходу кормовых и зерновых единиц (табл. 7) зерновой севооборот уступает плодосмену, но с учетом того, что при запашке пожнивного сидерата он позволяет решить задачу первоочередной важности — значительно увеличить производство зерна благодаря повышению урожая с 20,3 до 31,8 ц/га, такой севооборот может быть использован при зерновой специализации земледелия на среднекультурных дерново-подзолистых почвах Центрального района Нечерноземной зоны РФ.

Продуктивность севооборотов (ц на 1 га севооборотной площади в год)
и в бессменных посевах в среднем за 1987—1992 гг.

Характер возделывания	Зерно	Кормовые единицы	Зерновые единицы
Севооборот:			
I (50) — NPK	20,3	63,1	54,4
II (67) — NPK	26,5	48,9	38,5
III (83) — NPK	28,8	48,2	38,7
IV (83) — NPK + ПС	31,8	52,6	42,1
V (83) — NPK + ПС + С	32,2	53,1	42,7
Ячмень бессменно:			
1 — без удобрений	11,0	18,5	14,0
2 — NPK	31,4	49,9	37,4
3 — NPK + ПС	31,9	50,1	38,7
4 — NPK + ПС + С	30,7	48,1	37,0
Овес бессменно:			
1 — без удобрений	15,9	21,9	16,9
2 — NPK	26,8	37,2	28,6

Выводы

1. На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в 6-польном севообороте с длительным применением пожнивного зеленого удобрения поступление органического вещества на гектар севооборотной площади за счет запашки поживной горчицы увеличилось на 17,6 ц/га, или на 34,9%, по сравнению с его уровнем в специализированном севообороте с 83% зерновых культур при внесении одних минеральных удобрений.

2. Применение в специализированном зерновом севообороте в течение 2 ротаций пожнивного зеленого удобрения в сочетании с соломой на фоне NPK обеспечило практически такой же рост содержания гумуса в почве, как в плодосмене (соответственно 0,48 и 0,49%), и самое большое увеличение содержания лабильного гумуса в почве (до 54,3 мг на 100 г).

3. При увеличении доли зерно-

вых в севообороте с 50 до 83% урожайность ячменя в среднем за 1987—1992 гг. снизилась на 6,7 ц/га, или на 17,1%. Включение в севооборот пожнивного зеленого удобрения в чистом виде и в сочетании с удобрением соломой повышало урожайность ячменя в среднем на 11,4 и 12,3%. Однако наибольшую урожайность (39,2 ц/га) обеспечивал плодосменный севооборот. В бессменных посевах урожайность ячменя и овса в вариантах без удобрений оказалась самой низкой — 11,0 и 15,9 ц/га.

4. Отмечен эффект последствия зеленого удобрения (поживная горчица в чистом виде и в сочетании с удобрением соломой) в посевах озимых пшеницы и ржи: прибавка урожая зерна составила соответственно 4,4—3,8 и 3,6—6,2 ц/га. Устойчивое повышение урожайности озимых культур после 12-летнего выращивания сидератов связано с аккумулятивным эффектом зеленого удобрения.

5. По выходу кормовых и зерновых единиц зерновой севооборот уступает плодосменному, но с учетом того, что при запашке пожнивного сидерата он позволяет увеличить производство зерна, указанный севооборот может быть использован при зерновой специализации земледелия на среднеокультуренных дерново-подзолистых почвах Центрального района Нечерноземной зоны РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев С.А. Севооборот и плодородие дерново-подзолистых почв. — Вестн. с.-х. науки, 1982, № 4, с. 75—86. — 2. Лошаков В.Г., Иванова С.Ф. Баланс питательных веществ в специализированных зерновых севооборотах и при бессеменном возделывании зернофуражных культур. — Изв. ТСХА, 1989, вып. 5, с. 17—27. — 3. Лошаков В.Г., Иванова С.Ф., Гаджиб-рагимов Д.А. Накопление органического вещества в почвах зерновых специализированных севооборотов. — Вестн. с.-х. науки, 1988, № 11, с. 88—95. — 4. Лошаков В.Г. Промежуточные культу-

ры в севооборотах Нечерноземной зоны. М.: Россельхозиздат, 1980. — 5. Лошаков В.Г., Иванова С.Ф., Асхабов Р.Ю., Пашков А.И. Поживные культуры в зерновых севооборотах. — Земледелие, 1986, № 10, с. 27—29. — 6. Поддубный Н.Н. Развитие современного почвообразовательного процесса в антропогенных почвах и изменение их вещественного состава под влиянием сельскохозяйственного использования. — Докт. дис. М., МСХА, 1973. — 7. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. М., 1964. — 8. Синих Ю.Н. Влияние длительного применения зеленого удобрения на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность зерновых севооборотов. — Автореф. канд. дис. М., МСХА, 1995. — 9. Определение общего углерода методом Тюрина с использованием компьютерной техники (С^{mat} 5500 Strotllein). — 10. Определение водорастворимого углерода по методике, разработанной Н. Lotzl (1960) и модифицированной S.H. Kraus (1983), M. Kopschen (1987), R. Behm (1988).

Статья поступила 30 января 1997 г.

SUMMARY

An stationary experiment established in 1980 the effect of long-term (1987—1992) application of afterharvest green manure (mustard) both in the pure state and in combination with straw manure, and separate application of mineral fertilizers, on accumulation of organic matter, supoly of carbon, content of humus and water-soluble carbon in medium loamy soddy-podzolic soil with middle level of cultivation, as well as on yield of grain crops in specialized grain crop rotations and of barley and oats grown as monocultures, was studied. It has been found that the investigated practices applied in grain crop rotations provided much higher level of organic matter in the soil. The tendency to accumulation of humus and to the increase in grain yield and productivity to their level in field crop rotation has been observed.