

УДК 631.582:631.417:631.445.2

НАКОПЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ И СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В СЕВООБОРОТАХ С РАЗНЫМ НАСЫЩЕНИЕМ ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

С. А. ВОРОБЬЕВ, В. Г. ЛОШАКОВ, Ю. Д. ИВАНОВ, С. Ф. ИВАНОВА

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

При внедрении в хозяйствах Нечерноземной зоны специализированных зерновых севооборотов важное значение приобретает сохранение и повышение содержания в почве органического вещества. В условиях интенсивного земледелия органическое вещество не может рассматриваться лишь как источник элементов питания, так как на первый план выступают другие, более важные его функции — обеспечение благоприятных коллоидно-физических и биологических свойств почвы [2, 8]. С помощью органических удобрений и севооборота можно регулировать многие процессы синтеза и разрушения органического вещества почвы. В отношении почв подзолистого типа, которые вследствие генетических особенностей и низкой окультуренности бедны гумусом, проблема органического вещества стоит особенно остро. В связи с этим мы изучали баланс органического вещества почвы и роль зерновых культур в его пополнении за счет растительных остатков, а также влияние пожнивного сидерата в специализированных зерновых севооборотах на дерново-подзолистых почвах.

Условия и методика порведения опыта

Исследования проводили в стационарном полевом опыте в учебно-опытном хозяйстве ТСХА «Михайловское» Подольского района Московской области с 1974 г. Все данные, касающиеся методики и условий, приведены нами ранее [6]. Следует лишь добавить, что количество корневых и пожнивных остатков определяли до уборки урожая методом почвенных монолитов по Н. З. Станкову [9]. Озольнение растительного материала проводили серной кислотой

по методу Гинзбург — Щегловой — Вульфюс с последующим определением в нем азота по Кьельдалю, фосфора — колориметрически по Дениже, калия — на пламенном фотометре. Гумус в почве определяли по методу Тюрина в модификации Симакова, а углерод в растительных остатках — по Тюрину. Экспериментальные данные обрабатывали математически дисперсионным методом [3].

Результаты исследований и их обсуждение

Количество оставляемых в пахотном слое почвы растительных остатков в зависимости от культуры и величины ее урожая колебалось от 21 до 75 ц абсолютно сухой массы на 1 га (табл. 1). По накоплению органических остатков возделываемые в севооборотах культуры располагались в такой убывающей последовательности: многолетние бобовые травы — смесь клевера с люцерной, чистый посев клевера, картофель. Зерновые культуры на высоком агрофоне могут оставлять в почве также много органического вещества в виде корней и жнивья: яровые овес и ячмень — 26—30 ц/га, озимая пшеница — 35—42 ц/га. В севообороте с одними зерновыми при снижении урожайности озимой пшеницы и овса уменьшалось и накопление в почве их органических остатков.

Накопление растительных остатков в пахотном слое почвы
специализированных севооборотов и их качество (С:N), в среднем
за 1974—1977 гг.

Культуры и их чередование	Растительные остатки, ц сухой массы		Образуется гумуса по Себийотту, ц/га	С:N		
	всего	в т. ч. корней		корни	живые	корни + живые
Севооборот 1 (50% зерновых)						
Многолетние травы 1-го года пользования	66,9	43,2	6,7	13,2	14,9	13,8
Многолетние травы 2-го года пользования	72,6	50,5	7,3	13,4	15,2	13,9
Оз. пшеница	40,8	24,5	6,0	35,9	74,6	47,2
Овес	30,5	17,6	4,6	33,9	70,9	46,9
Картофель	20,6	4,8	1,0	20,2	13,8	14,6
Кукуруза	27,9	21,0	4,2	29,3	42,0	32,0
Оз. пшеница	40,3	23,9	6,0	36,3	72,9	47,5
Ячмень + травы	29,7	13,4	4,5	32,1	65,5	44,7
В среднем за 1 год	41,2	24,9	5,0	19,3	27,5	21,8
Севооборот 2 (75% зерновых)						
Клевер 1-го года пользования	59,4	41,5	5,9	13,2	14,5	13,6
Оз. пшеница	40,8	23,7	6,0	36,8	80,6	48,2
Овес	29,5	18,0	4,5	33,5	67,7	43,6
Ячмень + клевер	29,1	13,3	4,4	29,0	71,3	42,6
В среднем за 1 год	39,7	24,1	5,2	20,1	35,0	24,5
Севооборот 3 (100% зерновых)						
Ячмень	28,4	12,9	4,3	35,1	67,7	47,9
Оз. пшеница	35,3	20,9	5,2	38,7	83,3	51,5
Овес	25,5	15,0	3,9	39,2	75,6	50,2
Ячмень	28,9	13,6	4,4	35,4	71,4	48,7
В среднем за 1 год	29,5	15,6	4,5	37,3	74,8	49,6
Севооборот 4 (60% зерновых)						
Многолетние травы 1-го года пользования	67,4	41,7	6,7	13,1	13,8	13,4
Многолетние травы 2-го года пользования	75,4	49,9	7,5	13,2	14,2	13,5
Оз. пшеница	41,3	24,3	6,1	36,5	73,8	47,6
Овес	29,4	16,8	4,5	34,0	74,1	46,2
Ячмень + травы	28,4	13,8	4,3	32,9	66,8	44,7
В среднем за 1 год	48,4	29,3	5,8	17,2	23,5	19,3
Севооборот 5 (33% зерновых)						
Картофель	20,9	4,8	1,0	21,9	11,4	13,0
Кукуруза	29,8	21,8	4,5	28,2	40,0	30,9
Оз. пшеница	41,5	23,5	6,1	34,2	73,5	46,8
В среднем за 1 год	30,7	16,7	3,9	29,8	26,5	28,2

Расчеты образования гумуса из растительных остатков с помощью изогумусовых коэффициентов М. Себийотта [10] позволили установить, что его масса больше после тех культур, которые оставляют больше корневых и поукосных остатков в почве, т. е. после многолетних трав двух- и одногодичного пользования, затем — зерновых и меньше всего — после картофеля (табл. 1). Интересно, что озимая пшеница при урожайности свыше 40 ц (42—46 ц) с 1 га по этому показателю незначительно уступала травосмеси клевера с люцерной и в отдельных случаях превосходила одногодичный клевер. Это необходимо учитывать при разработке схем специализированных зерновых севооборотов и системы удобрения для них.

Содержание гумуса в пахотном слое почвы
в различных севооборотах
(% к массе почвы)

Севооборот	1973 г.	1976 г.	Увеличение в среднем за год
1 (50% зерновых)	1,68	1,73	0,017
2 (75% »)	1,70	1,72	0,007
3 (100% »)	1,71	1,72	0,003
4 (60% »)	1,73	1,81	0,027
5 (33% »)	1,65	1,68	0,010
НСР ₀₅	0,09	0,08	—

Среди изучаемых севооборотов по накоплению культурами органических остатков и образованию из них гумуса преимущество перед другими имел зернотравяной севооборот, затем следовал плодосменный с двухгодичным использованием гравами, после него — зерновой с клевером, а на последнем месте был пропашной.

Для того чтобы количество гумуса в почве разных севооборотов достигало уровня, отмечаемого в зернотравяном севообороте, требуется, учитывая, что из 1 т подстильного навоза образуется 30 кг гумуса, ежегодно вносить дополнительно на 1 га пашни в севооборотах 1, 2, 3 и 5 соответственно 2,7 т; 2,0; 4,3 и 6,3 т навоза. При установленной системе удобрения для опытных севооборотов под картофель и кукурузу вносится по 30 т навоза на 1 га, таким образом значительно перекрывается дефицит гумуса из органических остатков в севооборотах 1 и 5, включающих эти пропашные культуры.

Исследования показали, что наиболее ценными, содержащими больше азота и фосфора, являются растительные остатки многолетних бобовых трав (клевера и люцерны), картофеля, наименее — зерновых культур (озимой пшеницы, ячменя и овса) (табл. 2). Среди изучаемых культур очень высоким содержанием калия в корнях и надземных остатках выделялся картофель. При возделывании одинаковых культур в разных севооборотах заметной разницы в содержании питательных веществ в корневых и пожнивных остатках не установлено. Несколько меньше азота и калия накапливалось в остатках озимой пшеницы и овса при размещении культур в чисто зерновом севообороте.

Количество аккумулируемых питательных веществ в растительных остатках (корни + жнивье) колебалось в зависимости от культуры. Так, азота накапливалось 34—351 кг, фосфора — 8—82, калия — 27—92 кг, в том числе в корнях — соответственно 8—145 кг, 2—33 и 7—31 кг. Наибольшим накоплением элементов пищи в корневых надземных остатках отличались многолетние бобовые травы (смесь клевера с люцерной и чистый посев клевера). Зерновые (пшеница, ячмень и овес) и пропашные (картофель, кукуруза) заметно им уступали в этом, хотя между собой указанные две группы культур незначительно различались по содержанию всех элементов, за исключением калия, которого было больше в растительных остатках картофеля.

Поступление в почву углерода с растительными остатками различных культур составляло, по нашим данным, 6,9—28,3 ц/га, причем преимущество по этому показателю также имели многолетние бобовые травы.

При расширении в севообороте посевов зерновых культур (пшеницы, овса, ячменя) или пропашных (картофеля, кукурузы) за счет многолетних бобовых трав заметно снижалось накопление в почве растительных остатков, а с ними углерода, азота и зольных элементов.

Качество растительных остатков, характеризуемое в основном отношением углерода к азоту (С:N), наилучшим было у многолетних бобовых трав, хуже — у картофеля и кукурузы (отношение С:N меньше) и самым низким — у зерновых (табл. 1).

Следует отметить, что надземные остатки растений по сравнению с корнями имеют более широкое отношение С:N и в то же время

**Урожай надземной зеленой массы пожнивной горчицы
в специализированных севооборотах (ц/га) в 1973—1976 гг.**

Севообороты	Предшественник пожливной горчицы	1973	1974	1975	1976	Средний за 4 года
1	Оз. пшеница по многолетним травам	224	92	316	101	183
	Оз. пшеница по кукурузе	201	123	314	98	186
2	Оз. пшеница	207		327	77	177
3	» »	201	118	318	70	177
	Ячмень	56	108	268	5	109
4	Оз. пшеница	212	137	321	95	191
5	» »	214	93	331	121	190
НСР ₀₅		62	39	20	55	

П р и м е ч а н и е. Урожай учитывали перед запашкой в 4 местах (площадках) каждой делянки методом пробного снопа.

они у зерновых культур являются наименее ценными, т. е. содержат мало азота и много углерода, поэтому разлагаются в почве медленнее, чем поукосные остатки многолетних бобовых трав. Отсюда следует, что в зерновых севооборотах без многолетних бобовых трав для ускорения минерализации органических остатков в почве и улучшения азотного питания растений, и особенно при использовании соломы в качестве удобрений, нужно предусмотреть дополнительное внесение минерального азота при посеве культур в дозе 30—50 кг/га.

Систематическое внесение органических и минеральных удобрений в расчете на получение запланированных урожаев в севооборотах плодосменного типа (1) и в пропашном (5), где дозы навоза составляют соответственно 7,5 и 20 т на 1 га пашни, обеспечивает последовательное и устойчивое повышение содержания гумуса в почве (табл. 2). В зернотравяном севообороте (4), где площадь под многолетними бобовыми травами (смесью клевера с люцерной) доведена до 40%, внесение удобрений на запланированный урожай, даже при отсутствии навоза, способствовало наибольшему обогащению почвы органическим веществом, а в зерновых севооборотах (2 и 3) — поддержанию первоначального уровня гумуса или даже некоторому его повышению.

Возможность сохранения бездефицитного баланса гумуса и повышения его содержания в почве в коротких зерновых звеньях и в бессменных посевах озимой пшеницы и ячменя при внесении одних минеральных удобрений на дерново-слабоподзолистых почвах отмечалась в литературе [2].

Следовательно, при внедрении в хозяйствах нечерноземного Центра специализированных севооборотов с высоким уровнем зерновых культур и использовании в них системы удобрения в расчете на запланированный урожай можно сохранить содержание гумуса на исходном уровне, а при отведении 25% севооборотной площади под клевер и несколько повысить его.

Использование промежуточных пожнивных культур на зеленое удобрение в специализированных зерновых севооборотах позволяет увеличить запасы органического вещества в почве, а также улучшить ее фитосанитарное состояние [1, 4—7].

Исследования, проведенные нами в течение 1973—1976 гг. в этом опыте с севооборотами, аналогичными рассмотренным выше, но включающими посевы пожливной горчицы на зеленое удобрение после озимой пшеницы и ячменя в одном чисто зерновом севообороте, позволили выявить динамику урожайности горчицы (табл. 3) в зависимости от

условий пожнивного периода и от специализации севооборота, изучить химический состав надземной и корневой массы поживной горчицы и накопление питательных веществ в общей массе перед ее запашкой в почву.

Результаты возделывания поживной горчицы в специализированных севооборотах при внесении под нее по 30 кг минерального азота (N_{30}) на 1 га из количества удобрений, предназначенных под последующую культуру, позволили вырастить и запашать на удобрение в среднем за 1973—1976 гг. при посеве по озимой пшенице 177—191 ц и по ячменю — 109 ц зеленой массы на 1 га, или соответственно 18,9—21,0 и 13 ц/га абсолютно сухого органического вещества, что увеличивало его поступление в почву с учетом корней на 9—29,3%. Меньший урожай поживной горчицы по ячменю по сравнению с урожаем при посеве по озимой пшенице связан с более поздним сроком ее посева ввиду задержки созревания ячменя.

Надземная часть и корни поживной горчицы отличались высоким содержанием питательных элементов (N, P и K), а содержание азота в надземной ее массе было даже выше, чем у многолетних бобовых трав — клевера и люцерны (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Химический состав поживной горчицы (% на абсолютно сухое вещество), среднее за 1973—1976 гг.

Предшественник горчицы	Надземная масса					Корни				
	N	P_2O_5	K_2O	C	C:N	N	P_2O_5	K_2O	C	C:N
Севооборот 1 (50% зерновых)										
Оз пшеница по многолетним травам	3,42	1,21	1,98	39,6	11,6	1,64	0,80	1,74	36,2	22,1
Оз. пшеница по кукурузе	3,41	1,24	1,98	39,1	11,5	1,58	0,82	1,74	36,2	22,9
Севооборот 2 (75% зерновых)										
Оз. пшеница	3,47	1,20	1,99	39,3	11,3	1,62	0,83	1,75	36,8	22,7
Севооборот 3 (100% зерновых)										
Оз. пшеница	3,35	1,18	1,96	39,2	11,7	1,59	0,79	1,75	36,3	22,8
Ячмень	3,76	1,26	2,05	38,6	10,3	1,65	0,85	1,86	36,2	21,9
Севооборот 4 (60% зерновых)										
Оз. пшеница	3,47	1,14	1,95	38,9	11,2	1,63	0,82	1,76	36,5	22,4
Севооборот 5 (33% зерновых)										
Оз. пшеница	3,47	1,22	2,05	39,4	11,4	1,61	0,81	1,77	36,4	22,6

В связи с этим синтезируемая органическая масса поживной горчицы характеризуется таким отношением C:N (в надземной массе — 10,3—11,7, в корнях — 21,9—22,9), при котором происходит активная мобилизация содержащихся в органическом веществе питательных элементов.

При возделывании и запашке на зеленое удобрение поживной горчицы в специализированных севооборотах в почву в среднем за год на 1 га поступало 13,9—22,7 ц сухого органического вещества, содержащего 50—76 кг N, 17—27 кг P_2O_5 , 28—46 кг K_2O и имеющего узкое отношение C:N (10,6—12,1), а поэтому легко минерализуемого почвенными микроорганизмами. Это способствовало улучшению условий питания возделываемой по горчице культуры (накапливался азот в легкодоступной форме, в первую очередь нитратный, особенно в начале вегетации овса и ячменя), активизации почвенной микрофлоры, развитию полезных групп микроорганизмов, таких как актиномицеты, триходер-

ма — антагонистов возбудителей корневых гнилей, и снижению засоренности последующих культур. Так, засоренность посевов овса в среднем за 1974—1976 гг. при возделывании и запашке поживной горчицы уменьшалась на 32% в севообороте 2 (75% зерновых) и на 45% — в севообороте 3 (100% зерновых). При этом заметно понизился и запас семян сорняков в почве: с 45—61 шт. на 100 г сухой почвы в посевах овса без сидерата до 35—37 шт. при его использовании в севооборотах. Все это в комплексе приводило к повышению урожайности зерновых культур (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Урожайность зерновых культур в специализированных севооборотах при использовании в качестве зеленого удобрения поживной горчицы (ц/га), среднее за 1974—1977 гг.

Севообороты	Овес			Ячмень		
	запахано зеленой массы горчицы	урожай зерна		запахано зеленой массы горчицы	урожай зерна	
		без сидерата	с сидератом		без сидерата	с сидератом
1	183	27,0	30,5	186	32,5	34,8
2	177	26,3	30,1	177*	30,1	33,5
3	177	23,7	28,1	177*	33,3	35,4
4	191	28,2	32,5	109	28,2	29,0
НСР ₀₅ для севооборотов	—	1,7	2,3	191*	31,7	34,8
					4,5	2,5

* Последствие поживного сидерата за 1975—1977 гг.

Возделывание поживной горчицы и запашка 177—191 ц ее зеленой массы на 1 га повысили сборы зерна овса на 2,5—4,4 ц/га, или на 9,3—18,6%, и позволили в севооборотах, насыщенных зерновыми до 75 и 100%, получать урожай не ниже, а даже несколько выше, чем в севооборотах с меньшим процентом зерновых колосовых без зеленого удобрения (табл. 6).

Т а б л и ц а 7

Урожайность зерновых культур и продуктивность 1 га пашни в специализированных севооборотах (ц/га), среднее за 1974—1977 гг.

Севообороты	Культуры			Сбор зерна с 1 га севооборотной площади
	оз. пшеница	ячмень	овес	
1	42,7 (45,5*)	32,5	27,0	18,5
2	42,8	31,9	26,3	25,0
3	34,4	28,2 (35,0**)	23,7	30,3
4	38,1	32,8	28,2	19,8
5	44,9	—	—	15,0
НСР ₀₅	4,1	4,6	1,7	—

* Оз. пшеница по кукурузе.

** Ячмень по овсу.

Положительно влияла поживная горчица также на ячмень: прибавка урожая зерна в различных севооборотах колебалась от 0,8 до 3,4 ц/га, или от 2,8 до 11,3%, причем при запашке около 100 ц зеленой массы горчицы (109 ц/га) действие ее было незначительным.

При возделывании трех зерновых культур в интенсивных севооборотах и увеличении в них площади под зерновыми колосовыми с 33 до

75% урожайность озимой пшеницы и овса мало изменялась, однако дальнейшее расширение здесь площади под зерновыми (до 100%) приводило к снижению урожая обеих культур, причем у первой в значительно большей степени (табл. 7).

Яровой ячмень оказался более устойчив к высокому насыщению севооборота зерновыми колосовыми, чем озимая пшеница и овес. Его урожайность в севооборотах на фоне расчетных доз удобрений и химической прополки колебалась в пределах 28,2—32,8 ц/га и в то же время в чисто зерновом севообороте при размещении по овсу была даже несколько выше (35,0 ц/га), чем по озимой пшенице в других севооборотах (табл. 7).

Следовательно, озимую пшеницу и овес можно возделывать в специализированных севооборотах, расширяя в них площади под зерновыми колосовыми до 75%, а ячмень — и при более высоком насыщении зерновыми, если вносить достаточные дозы удобрений и проводить химическую прополку.

Расширение посевов зерновых культур в севообороте с 50 до 75 и 100% повышало сбор зерна с гектара севооборотной площади соответственно на 6,5 и 11,8 ц, или на 35,1 и 63,8%.

Выводы

1. В интенсивных севооборотах на дерново-слабоподзолистых почвах центральной части Нечерноземной зоны зерновые культуры (озимая пшеница, ячмень и овес) при высокой урожайности оставляют в почве на 1 га в виде корней и жнивья по 2,6—4,2 т абсолютно сухого органического вещества, из которого может образоваться 4,3—6,1 ц гумуса.

2. Применение доз удобрений, рассчитанных на запланированные урожаи под культуры, в том числе под пропашные не менее 30 т навоза на 1 га совместно с минеральными удобрениями, обеспечивает устойчивое повышение содержания гумуса в почве в зернотравяном, плодосменном и пропашном севооборотах, в зерновых поддерживает его исходный уровень, а при отведении части площади пашни под клевер несколько увеличивает его.

3. Возделывание в качестве промежуточной культуры пожнивной горчицы на зеленое удобрение в специализированных севооборотах увеличивало поступление органического вещества в почву на 9,3—29,3% и повышало урожайность последующих зерновых культур: овса — на 9,3—18,6%, ячменя — на 2,8—11,3%.

4. В хозяйствах нечерноземного Центра площади посева зерновых культур в специализированных севооборотах можно доводить до 75% без снижения урожайности озимой пшеницы и овса. Насыщение севооборота зерновыми колосовыми до 100% приводило к уменьшению урожая этих культур, однако не влияло на сборы зерна ячменя при внесении достаточных доз удобрений и применении гербицидов. Суммарный сбор зерна с гектара севооборотной площади при увеличении площади посева зерновых культур в севообороте последовательно возрастал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев С. А., Лошаков В. Г., Иванов Ю. Д., Иванова С. Ф., Кружков Н. К. Пожнивные культуры как органическое удобрение и фактор чередования в севооборотах с высоким насыщением зерновыми культурами. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 2, с. 30—36. — 2. Воробьев С. А.,

Лыков А. М. Значение растений и удобрений в балансе органического вещества дерново-подзолистой почвы. — Вестн. с.-х. науки, 1973, вып. 4, с. 34—42. — 3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., «Колос», 1968. — 4. Иванова С. Ф. Зеленое удобрение и биологические показатели

плодородия дерново-подзолистой почвы. — В сб.: Биологические основы повышения урожайности с.-х. культур. М., ТСХА, 1977, с. 61—64. — 5. Лошаков В. Г. Роль промежуточных культур в интенсивном севообороте. — Сельск. хоз-во России, 1976, № 6, с. 34—36. — 6. Лошаков В. Г., Иванов Ю. Д., Иванова С. Ф. Баланс питательных веществ в интенсивных специализированных зерновых севооборотах. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 1, с. 22—32. — 7. Лошаков В. Г., Черенков Н. Д. Оценка агрометеорологических возможностей возделывания поживных культур в Московской области. — Докл. ТСХА, 1974, вып. 204, с. 77—82. — 8. Перепелица В. М. Роль органических и минеральных удобрений в накоплении гумуса в почве. — Почвоведение, 1974, № 3, с. 29—37. — 9. Станков Н. З. Методы и приемы изучения корневой системы в полевых условиях. — Бюл. ВИУА, 1957, № 1, с. 34—66. — 10. Шенявский А. Л. Оценка плодородия почвы методом гумусового баланса. — Сельск. хоз-во за рубежом. Сер. растениеводство, 1972, № 8, с. 9—13.

Статья поступила 22 ноября 1978 г.

SUMMARY

Investigations conducted for many years on soddy-podzolic loams have shown that under high agrotechnical level grain crops leave per 1 ha 2.6—4.2 tons of fully dry organic matter of soil which makes a valuable source of new supply of soil humus. Afterharvest sowing of white mustard into green manure produced per 1 ha up to 2.3 tons of fully dry matter rich in nitrogen and other nutrient substances. Using fertilizers, green manure, herbicides and plant growth regulators one succeeded in increasing the specific weight of grain crops in the field crop rotation up to 75% without reducing their yield.