

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

ДЛИТЕЛЬНОЕ ПОЖНИВНОЕ ЗЕЛЕНое УДОБРЕНИЕ И ПЛОДородИЕ дерново-подзолиСТых почв

Ю.Н. Синих

Российский государственный аграрный университет
МСХА имени К.А. Тимирязева
ул. Тимирязевская, 49-1, Москва, Россия, 127550

В условиях центральных областей Нечерноземной зоны России пожнивное зеленое удобрение в сочетании с севооборотом, системой минеральных удобрений и защиты растений обеспечивает высокий эффект в экологическом окультуривании дерново-подзолистой почвы, устранении отрицательных последствий зерновой специализации земледелия и увеличения выхода зерна с единицы севооборотной площади.

Ключевые слова: севооборот, пожнивное зеленое удобрение, экологическое окультуривание почвы.

Устойчивое развитие экологически чистого земледелия в Нечерноземной зоне тесно связано с проблемой воспроизводства плодородия почв, основой которого является создание бездефицитного баланса гумуса.

Гумус служит не только носителем питательных веществ для минеральных почв, но и источником энергии для полезной почвенной микрофлоры: он существенно влияет на химические, физические и биологические свойства почвы. Условия промывного режима в регионе определяют высокую динамичность процессов минерализации гумуса, и, в зависимости от вида возделываемых полевых культур почвы, здесь теряют в среднем от 0,5 до 1,5 т/га гумуса ежегодно [1; 2].

Такие потери гумуса требуют постоянной его компенсации за счет внесения большого количества органических удобрений. При резком сокращении поголовья животных в последние десятилетия актуальным стало применение помимо навоза других видов органики — сидератов и соломы [3].

Идеи Д.Н. Прянишникова о люпинизации земледелия Нечерноземной зоны, которые получили развитие и глубокое научное обоснование в трудах многих ученых, приобретают сегодня особое значение. Однако экономически более выгодна промежуточная форма сидерации, когда вместо сидерального пара используют сидеральные культуры, выращенные в промежуточных посевах [4].

В центральных и других областях Нечерноземной зоны в качестве зеленого удобрения пригодны пожнивныи посевы горчицы белой, редьки масличной, рапса ярового и озимого, фацелии, подсевные посевы сераделлы, райграса однолетнего, донника, люпина многолетнего.

Промежуточные посевы сидератов оказывают положительное влияние на баланс органического вещества, агрофизические и другие показатели плодородия почвы, на фитосанитарное состояние посевов, а также защищают почву от эрозии, способствуют охране окружающей среды и получению экологически чистой продукции. Для химического состава этого органического удобрения характерно соотношение $C : N$, близкое к $10 : 1$, тогда как в навозе хорошего качества оно составляет в среднем $20 : 1$.

Внесение органики с узким соотношением углерода и азота повышает биологическую активность почвы, усиливает процессы минерализации органического вещества и приводит к накоплению питательных веществ. Удобрение же с широким соотношением $C : N$ (например, в соломе оно составляет $40—50 : 1$) вызывает иммобилизацию питательных веществ в почве. В силу этих обстоятельств явилось актуальным изучение сочетания поживной сидерации и применения в виде удобрения соломы в специализированных зерновых севооборотах, предельно насыщенных зерновыми культурами [5; 6].

Исследования проводили в рамках стационарного полевого опыта, заложенного в 1980 г. на экспериментальной базе МСХА имени К.А. Тимирязева (учхоз «Михайловское», Подольский район Московской области). Почва — среднесуглинистая слабоподзоленная средней степени окультуренности с мощностью пахотного слоя $0—20$ см, в котором перед закладкой опыта содержалось гумуса 1,94%, подвижного фосфора — 13,1 мг, обменного калия — 16,4 мг на 100 г почвы, $pH_{\text{сол.}}$ 5,7.

Изучались шестипольные севообороты:

1) многолетние травы 1-годичного пользования (г.п.) — многолетние травы 2-г.п. — озимая пшеница — кукуруза на силос — овес — ячмень с подсевом многолетних трав (50% зерновых, первый контроль);

2) клевер — озимая пшеница, овес — вика-овес на зеленый корм, озимая рожь — ячмень с подсевом клевера (67% зерновых);

3) вика-овес на зеленый корм — озимая пшеница — овес — ячмень — озимая рожь, ячмень (83% зерновых).

Последний севооборот изучался в трех вариантах опыта:

3.1) — без поживного сидерата (второй контроль),

3.2) — с поживным сидератом (ПС),

3.3) — с поживным сидератом и удобрением соломой (С).

Кроме того, изучали различные варианты удобрения ячменя в бессменных посевах:

1) без удобрений,

2) NPK,

3) NPK + поживный сидерат,

4) NPK + поживный сидерат с удобрением соломой.

Пожнивную горчицу белую сорта Лунинская выращивали в севообороте 3.1 после уборки озимой пшеницы, озимой ржи и ячменя и запахивали в чистом виде или в сочетании с измельченной соломой зерновых культур. Урожайность зеленой массы поживной горчицы колебалась по годам, но в среднем за четыре ротации севооборота при посеве после озимой пшеницы составила 18,7 т/га, после озимой ржи — 16,7 т/га, после ячменя — 8,2 т/га. Под зерновые культуры вносили минеральные удобрения из расчета на запланированный урожай (4—5 т/га зерна). Часть азота (50 кг/га), предназначенного под последующую культуру, вносили под поживную горчицу.

Все варианты севооборотов были развернуты полностью всеми шестью полями и вводились одновременно в первый год закладки стационарного опыта.

Результаты исследований показали, что в Центральном регионе горчица белая при посеве сразу после уборки озимых культур в первой декаде августа в условиях влажной осени быстро растет, хорошо переносит ранние осенние заморозки и до наступления устойчивого похолодания (середина октября) успевает зацвести и дать в среднем 18—20 т/га зеленой массы высокой удобрительной ценности. В наиболее благоприятные годы с теплой и дождливой осенью посевы поживной горчицы давали по 30—35 т/га зеленой массы, или по 4—4,5 т/га абсолютно сухого вещества. При запашке этого сидерата с 1 т сухого вещества на 1 га поступало в среднем 386 кг углерода, 31 кг азота, 11 кг фосфора и 19 кг калия.

Наши многолетние опыты на дерново-подзолистых почвах показали, что различные культуры оставляли после себя разное количество поживно-корневых остатков. Так, многолетние травы двухгодичного пользования оставляли на 1 га пахотного слоя до 8 т сухого органического вещества в виде корней и поукосных остатков, озимые зерновые культуры — до 5, яровые зерновые — до 3, пропашные культуры — до 1,3 т. Установлено, что исключение из полевого севооборота посевов многолетних трав и доведение удельного веса зерновых культур до 83% его посевной площади уменьшало поступление растительных остатков в год в среднем за ротацию с 5,0 до 3,8 т/га, или на 25%. При этом поступление углерода в почву снижалось на 19%. Однако длительное (в течение четырех ротаций) использование поживного сидерата горчицы белой на половине площади зернового севооборота повышало поступление органического вещества в почву на 32%, а с ним и углерода на 58%. Еще больше, почти вдвое, увеличивалось количество органической массы, поступающей в почву зернового севооборота при поживной сидерации совместно с удобрением соломой, а прибавка углерода в почве достигала 87%. При бессменном посеве ячменя отсутствие удобрений снижало поступление органического вещества и углерода в почву более чем в два раза по сравнению с плодосменным севооборотом. На фоне минеральных удобрений различия по этим показателям хотя и уменьшались, но были более заметны в сравнении с зерновым севооборотом.

Установлено, что лучшими предшественниками для поживной горчицы являются озимые пшеница и рожь, удовлетворительным — ячмень и неподходящим — овес, по которому урожая зеленой массы практически не получали. Урожай зеленой массы поживной горчицы в среднем за урожайные годы составил: по пшенице — 20,5 т/га, по ржи — 19,1 т/га и по ячменю — 11,1 т/га (табл. 1).

Таблица 1

**Урожайность пожнивной горчицы
в зависимости от предшественника (1980–2009 гг.), т/га**

Место возделывания	Предшественник	Урожай зеленой массы		% урожайных лет
		в среднем за урожайные годы	в среднем за 29 лет	
Зерновой севооборот с 83% зерновых	Озимая пшеница	20,5	18,7	91
	Озимая рожь	19,1	16,7	87
	Яровой ячмень	11,1	8,2	74
Бессменные посеы ячменя с 1981 г.	Яровой ячмень	10,8	8,0	74
НСР ₀₅	—	5,1	5,8	9,5

Наши опыты с применением пожнивного сидерата, проведенные на дерново-подзолистых почвах Московской области, показали, что насыщение шестипольного севооборота до 83% зерновыми культурами приводит к снижению их урожайности. Однако это снижение удается снять, если до 50% площади такого севооборота занимать пожнивными посевами белой горчицы на зеленое удобрение.

Исследования, проводившиеся в течение почти пяти ротаций плодосменного севооборота на дерново-подзолистых суглинистых почвах, показали, что насыщение такого полевого севооборота промежуточными культурами до 50% площади его пашни с использованием минеральных удобрений положительно влияет на плодородие почвы.

Существенное обогащение почвы органическим веществом в виде зеленой массы пожнивного сидерата, соломы и поживно-корневых остатков на фоне минеральных удобрений позволяло в течение четырех ротаций зернового севооборота поддерживать в пахотном слое почвы бездефицитный баланс гумуса и общего азота (табл. 2). Если увеличение доли зерновых культур в полевом севообороте снижало поступление углерода в почву на 25%, абсолютное содержание гумуса — на 0,21%, или на 6,3 т/га, то длительное применение пожнивной сидерации позволяло поддерживать баланс гумуса в пахотном слое почвы на том же уровне, что и в плодосменном севообороте с двумя полями многолетних трав. Длительное применение пожнивной сидерации в сочетании с удобрением соломой, увеличивая почти вдвое поступление органической массы в почву, снимало отрицательное влияние зерновой специализации севооборота и обеспечивало устойчивый положительный баланс гумуса в почве.

Таблица 2

**Динамика содержания гумуса и общего азота
в пахотном слое почвы 0–20 см за четыре ротации севооборотов, %**

Севооборот, % зерновых	Удобрение	Гумус		Общий азот	
		1980 г.	2004 г.	1980 г.	2004 г.
1, 50	НРК	2,00	1,83	0,094	0,136
2, 67	НРК	1,96	1,69	0,094	0,125
3.1, 83	НРК	1,91	1,62	0,099	0,112
3.2, 83	НРК + сидерат	1,90	1,72	0,099	0,132
3.3, 83	НРК + сидерат + солома	1,92	1,85	0,094	0,138
Ячмень бессменно	Без удобрений	1,86	1,33	0,096	0,103
Ячмень бессменно	НРК	1,82	1,44	0,105	0,123
Ячмень бессменно	НРК + сидерат	2,15	1,82	0,104	0,126
Ячмень бессменно	НРК + сидерат + солома	1,95	1,80	0,092	0,140
НСР ₀₅		0,21	0,15	0,008	0,014

Результаты наших исследований с применением меченых изотопов показали, что при заашке пожнивного сидерата существенно улучшалось азотное питание ячменя и других зерновых, а коэффициент использования азота минеральных удобрений повышался на 40—60%. Это не только создает более благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных растений, но имеет и большое экологическое значение, уменьшая загрязнение окружающей среды нитратами и другими остаточными веществами минеральных удобрений.

Постоянное обогащение дерново-подзолистой почвы свежей органической массой пожнивного сидерата с узким соотношением C : N, богатой сахарами и другими углеводами, создавало благоприятные условия для активизации сапрофитной микрофлоры в почве, которая играет большую роль в минерализации органического вещества, повышении биологической активности почвы, а также в гумификации органики, поступающей в почву.

Определение биологической активности почвы с помощью льняной тестовой ткани в наших опытах показало, что зеленая масса пожнивного сидерата повышала биологическую активность почвы в 1,3—1,5, а в отдельные годы и в два раза. При этом изменялся видовой состав почвенной микрофлоры: повышалось содержание бактерий рода *Clostridium*, а азотфиксирующая способность почвы возрастала в 6—10 раз.

Ускоряя разложение растительных остатков — носителей почвенных фитопатогенов, зеленое удобрение в несколько раз повышает биологическую активность сапрофитной микрофлоры, которая является антагонистом почвенных грибов — возбудителей многих болезней культурных растений. В результате поражение ячменя корневыми гнилями снижалось в 1,5—2 раза. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что пожнивная сидерация снижает поражение картофеля паршой обыкновенной в 2—2,4 раза, ризоктониозом — в 1,7—5,3 раза. Активизацию почвенной биоты подтверждало увеличение количества дождевых червей в пахотном слое дерново-подзолистой почв в 1,5—2 раза. Особенно заметно повысилось количество дождевых червей к концу вегетации ячменя в бессменных посевах при использовании поживной сидерации в сочетании с удобрением соломой. Если до посева ячменя на 1 м² в этом варианте насчитывалось 29 дождевых червей, то после уборки — 53, тогда как без удобрений — соответственно 12 и 13 шт.

Улучшение биологических показателей плодородия почвы сопровождалось позитивными изменениями ее агрофизических свойств. Заашка зеленой массы сидерата с соломой снижала плотность почвы в пахотном слое, повышала содержание структурных агрегатов и водопроницаемость почвы.

Благодаря лучшим условиям для развития зерновых культур, а также активному подавлению сорняков быстро растущими растениями горчицы количество сорняков в посевах зерновых в среднем за ротацию уменьшилось с 36 до 19 шт./м², или на 47%, что указывает на возможность сокращения масштабов использования гербицидов при сидерации.

Положительное влияние пожнивного сидерата на плодородие дерново-подзолистой почвы, фитосанитарное состояние посевов благоприятно сказывается на росте, развитии и урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности севооборота и качестве получаемой продукции.

Самая низкая урожайность зерна овса получена при длительном его бесменном возделывании на фоне без применения удобрений — 1,84 т/га. В вариантах севооборота № 3 в среднем за 18 лет урожайность озимой пшеницы была на 0,09 т/га, а озимой ржи — на 0,52 т/га ниже, чем в плодосмене. Высокую урожайность озимой пшеницы (2,86 т/га) в севообороте № 2 с 67% зерновых культур можно объяснить, прежде всего, тем, что озимая пшеница, предшественником которой являлся клевер, была значительно меньше засорена, чем в севообороте № 1 по травам 2-годичного пользования (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность зерновых культур в специализированных севооборотах с пожнивным сидератом и соломой на удобрение за 1980–2009 гг. (т/га)

Севооборот и % зерновых	Урожайность, т/га				Выход зерна, т/га	Общая продуктивность, т/га корм. ед.
	ячмень	овес	озимая пшеница	озимая рожь		
I. Плодосменный, 50	3,28	3,14	3,77	—	1,70	5,30
II. Зернотравяной, 67	3,01	3,31	4,07	3,96	2,39	4,61
III. Зерновой, 83	2,89	2,99	3,50	3,44	2,62	4,32
IV. Зерновой, 83 + ПС	3,12	3,24	3,80	3,66	2,82	4,87
V. Зерновой, 83 + ПС + С	3,18	3,22	3,93	3,91	2,90	4,77
НСР ₀₅	0,18	0,13	0,26	0,22	0,33	0,56

Результирующим фактором всех опытов является урожайность сельскохозяйственных культур.

Наши опыты с применением пожнивного сидерата, проведенные на дерново-подзолистых почвах Московской области, показали, что насыщение шестипольного севооборота до 83% зерновыми культурами приводит к снижению их урожайности (табл. 3). Однако это снижение удастся снять, если до 50% площади такого севооборота занимать поживными посевами белой горчицы на зеленое удобрение.

Хозяйственная целесообразность внедрения в производство агротехнических, технологических и других приемов, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, должна быть обоснована всесторонним организационно-экономическим анализом (табл. 4).

Таблица 4

Экономическая эффективность длительного использования поживной горчицы и соломы на удобрение в специализированных зерновых севооборотах (1980–2009 гг.)

Показатель	Севооборот и % зерновых				
	I — 50	II — 67	III — 83	IV — 83	V — 83
Стоимость продукции с 1 га севооборота, руб.	23 055	24 275	22 690	24 463	25 253
Затраты труда на 1 га площади севооборота, чел.-час.	12,8	11,9	10,6	14,3	14,2
Производственные затраты, руб.	15 447	18 206	18 833	20 060	20 455
Производительность труда, руб./чел.-час.	1 801	2 040	2 141	1 711	1 778
Чистый доход на 1 га посева, руб.	7 608	6 069	3 857	4 403	4 798
Чистый доход на 1 чел.-час., руб.	594	510	364	308	338
Рентабельность, %	49	33	20	22	23

Насыщение полевого севооборота зерновыми культурами с 50 до 83% приводило к снижению стоимости продукции с 1 га севооборота на 365 руб., или 1,6%. Однако при включении в специализированный зерновой севооборот длительного

пожнивного зеленого удобрения в чистом виде стоимость продукции с 1 га севооборота возрастает на 1773 руб., или 7,8%, а при совместном использовании с удобрением соломой увеличивается на 2563 руб., или 11,3%. В связи с этим увеличивались затраты труда на 1 га площади севооборота — с 10,6 до 14,3 чел.-час., что связано с возделыванием пожнивной горчицы на зеленое удобрение. Однако за счет увеличения сбора зерна с 1 га севооборотной площади повышается чистый доход на 1 га посева на 546 руб., или 14,1%, а при совместном его использовании с удобрением соломой — на 941 руб., или на 24,4%.

При увеличении доли зерновых в севообороте с 50 до 83% рентабельность производства снижается с 49 до 20%. Длительное использование пожнивного зеленого удобрения в чистом виде увеличивало рентабельность производства до 22%, в то же время при совместном его использовании с удобрением соломой она увеличивалась до 23%.

Таким образом, длительное пожнивное зеленое удобрение в сочетании с удобрением соломой на фоне применения минеральных удобрений поддерживает содержание гумуса и общего азота практически с его исходным содержанием (в среднем за 24 года). Насыщение шестипольного севооборота до 83% зерновыми культурами приводит к снижению их урожайности. Однако это снижение удается снять, если до 50% площади такого севооборота занимать пожнивными посевами белой горчицы на зеленое удобрение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Лошаков В.Г.* Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны. — М.: Россельхозиздат, 1980.
- [2] *Прянишников Д.Н.* Об удобрении полей и севооборотах. Избранные статьи. — М.: Изд-во МСХ РСФСР, 1962.
- [3] *Воробьев С.А.* Севообороты в специализированных хозяйствах Нечерноземья. — М.: Россельхозиздат, 1982.
- [4] *Лошаков В.Г.* Промежуточные культуры — фактор экологически чистого земледелия // *Аграрная наука*. — 1994. — № 6. — С. 24—26.
- [5] *Синих Ю.Н.* Длительная пожнивная сидерация и фитосанитарное состояние почвы // *Земледелие*. — 2008. — № 6. — С. 27—28.
- [5] *Синих Ю.Н.* Плодородие дерново-подзолистых почв при длительном использовании пожнивной сидерации // *Аграрная Россия*. — 2009. — № 4. — С.13—16.

THE PROLONGED AFTER-CROP GREEN FERTILIZER AND FERTILITY OF TURFPODZOL SOILS

Yu.N. Sinich

Russian State Agrarian University MTAА K.A. Timiryazev
Timiryazevskaya str., 49, Moscow, Russia, 127550

In conditions of central regions of Non-chernozem zone of Russia after-crop green fertilizer together with crop rotation, system of mineral fertilizers and plant protection give a good effect in ecological cultivation of turfpodzol soils, eliminating negative effects of cereal specialization of farming and increasing of cereals yield from a unit of areas under crop rotation action.

Key words: crop rotation, after-crop green fertilizer, ecological cultivation of soils.