

ПОЖНИВНАЯ СИДЕРАЦИЯ В ЗЕРНОВОМ СЕВООБОРОТЕ

В.Г. Лошаков,

Российский государственный аграрный университет —

Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева

Устойчивое развитие экологичного земледелия в рамках севооборота зерно-бобовых и зерно-злаковых культур связано с проблемой воспроизводства плодородия почв, основанного на балансе азота и гумуса. Для минеральных почв этого региона гумус является не только источником питательных веществ, но и источником энергии для полезной почвенной микрофлоры. Он существенно влияет на физико-химические свойства почвы [3, 5, 9, 14, 15]*. Условия промывного режима в этом регионе определяют необходимость процессов минерализации гумуса. В зависимости от вида возделываемых культур и уровня региональных потерь гумуса ежегодно [4, 14].

Значительные потери гумуса требуют постоянной его компенсации в севообороте. При этом в севообороте зерно-бобовых и зерно-злаковых культур гумус накапливается в основном в виде органических удобрений [15, 16]. Однако резкое сокращение органических удобрений привело к острому дефициту этого ценного удобрения. Поэтому актуальным становится поиск альтернативных источников органического удобрения — зеленого и соломы [1, 2, 4, 6—9, 12]. В этих условиях приобретают особое значение идеи Д.Н. Прянишникова о люпинизации земледелия Нечерноземной зоны, которые получили развитие и глубокое научное обоснование в трудах многих ученых [2, 5, 8, 9, 12, 13]. Экономически более выгодной является промежуточная форма сидерации, когда вместо сидерального пара используют сидеральные культуры, выращенные в виде пожнивных, подсеваемых и других промежуточных культур [5—10, 15].

В условиях Нечерноземной зоны в качестве зеленого удобрения пригодны пожнивныя посевы горчицы белой, редьки масличной, рапса ярового и озимого, фацелии, подсев сераделлы, райграса однолетнего, донника, люпина многолетнего [5, 8, 9, 15]. Промежуточные сидераты оказывают положительное влияние на баланс органического вещества, агрофизические и другие показатели плодородия почвы, фитосанитарное состояние посевов [1, 2, 5—10]. Замена недостающих органических удобрений, промежуточные сидераты положительно влияют на плодородие почвы, становятся важным фактором биологизации земледелия, защищают почву от эрозии, способствуют охране окружающей среды, обеспечивают устойчивое экологическое равновесие и получение экологичной продукции. Характерным для химического состава этого органического удобрения является узкое соотношение C:N, близкое к 10:1 (в навозе хорошего качества это соотношение составляет в среднем 20:1). Внесение в почву органического вещества с узким соотношением углерода и азота повышает ее биологическую активность, усиливает процессы минерализации органического вещества и способствует накоплению питательных веществ в почве, тогда как при широком соотношении C:N, например, в соломе, в которой оно составляет 40:1—50:1, такое удобрение вызывает иммобилизацию питательных веществ в почве [7, 8, 14, 15]. В силу этих обстоятельств актуальным было изучение сочетания пожнивной сидерации с удобрением соломой в специализированных зерновых севооборотах с предельным их насыщением зерновыми культурами.

Однако при предельном насыщении севооборотов зерновыми культурами возникает целый ряд проблем, связанных с нарушением принципов плодосмена, снижением плодородия почвы и ухудшением фитосанитарного состояния полей. Их решение и входило в задачу исследований, проведенных под нашим руководством в течение 30 лет группой научных сотрудников Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева**.

Помимо краткосрочных опытов (1972—1982 гг. [8]), основные исследования проводили в длительном стационарном полевом опыте, заложенном в 1980 г. на экспериментальной базе МСХА им. К.А. Тимирязева в учхозе «Михайловское» (Московская обл., Подольский р-н). Почва среднесуглинистая слабоподзоленная средней степени окультуренности с мощностью пахотного слоя 0—20 см. Перед закладкой опыта содержание гумуса составляло 1,94%, подвижного фосфора (по Кирсанову) — 13,1 мг, обменного калия (по Масловой) — 16,4 мг / 100 г почвы; pH_{сол} — 5,7.

Изучали следующие 6-польные севообороты:

I (первый контроль) — многолетние травы первого года пользования — многолетние травы второго года пользования — озимая пшеница — кукуруза на силос — овес — ячмень с подсевом многолетних трав (50% зерновых — плодосменный севооборот);

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

III (второй контроль) — вика-овес на зеленый корм — озимая пшеница — овес — ячмень — озимая рожь, ячмень (83% зерновых — зерновой севооборот без пожнивного сидерата);

IV — зерновой севооборот по варианту II с пожновым сидератом (83% зерновых)

V — зерновой оборот по варианту II с пожновым сидератом и удобрением соломой (83% зерновых).

Кроме того, изучался бессменный посев ячменя: А — без удобрений, Б — NPK, В — NPK + пожновй сидерат, Г — NPK + пожновй сидерат с удобрением соломой.

Пожновную горчицу белую (*Sinapis alba* L.) сорта Луниинская выращивали после уборки озимой пшеницы, озимой ржи и ячменя в севообороте с 83% зерновых и запахивали в чистом виде или в сочетании с измельченной соломой зерновых культур, которую вносили в почву по фактическому ее урожаю. Урожайность зеленой массы пожновной горчицы колебалась по годам, но в среднем за 4 ротации севооборотов составила при посеве после озимой пшеницы 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 пожновную горчицу.

Все варианты севооборотов были развернуты полностью всеми шестью полями и вводились одновременно в первый год закладки стационарного опыта. Площадь опытной делянки (севооборотного поля) — 80 м², повторность

* - Со списком литературы можно ознакомиться на сайте www.agroxi.ru;

** - в работе принимали участие Р.Ю. Асхабов, М.Ш. Бегеулов, Д.З. Гаджибрагимов, Г.С. Гусев, С.Ф. Иванова, Ю.Д. Иванов, В.Н. Николаев, А.И. Пашков, Л.В. Пашкова, Т.А. Рогова, Ю.Н. Синих, М.М. Султанов, А.Ф. Чалдаева, Н.Д. Черенков и др.

Таблица 1. Удобрительная ценность горчицы белой						
Части растения	Урожайность сухого вещества, т/га	Содержание, кг/га				C:N
		C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Зеленая масса	2,25	882	78,3	27,2	44,8	11:1
Корни	0,62	226	10,0	5,1	10,1	22:1
Всего	2,87	1108	88,3	32,3	54,9	12:1

Таблица 2. Урожайность зеленой массы горчицы белой (т/га) в пожнивном посеве по ротациям					
Предшественник	Первая ротация (1981 —1986)	Вторая ротация (1987 —1992)	Третья ротация (1993 —1998)	Четвертая рота- ция	В среднем за 4 ротации
Озимая пшеница	28,8	18,5	13,8	14,0	19,0
Озимая рожь	21,5	20,6	10,8	15,5	17,2
Ячмень	10,5	13,9	4,1	4,6	8,4

Таблица 3. Поступление органического вещества в почву в среднем за одну ротацию севооборота и при возделывании ячменя					
Вариант	Удобрение	Поступление растительных остатков, т/га в год			Поступление углерода т/га в год
		пожнивных	корневых	всего	
I	НРК	1,27	2,79	4,06	1,59
II	НРК	1,31	2,64	3,95	1,56
III	НРК	1,29	2,18	3,47	1,45
IV	НРК + сидерат	2,14	2,54	4,68	2,35
V	НРК + сидерат + солома	4,25	2,76	7,01	2,79
A	Без удобрений	0,62	1,02	1,64	0,68
Б	НРК	1,12	1,57	2,69	1,13
В	НРК + сидерат	2,85	2,22	5,07	1,72
Г	НРК + сидерат + солома	4,70	2,20	6,90	2,51

кой массы в почву (на 89%), а с ней и углерода (на 52%). Добавление к зеленой массе сидерата соломы в качестве удобрения давало больший эффект, чем в зерновом севообороте — поступление растительной массы в почву увеличивалось в 2,6 раза, а вместе с ней в 2,2 раза возрастало поступление углерода (табл. 3)

Существенное обогащение почвы органическим веществом в виде зеленой массы пожнивного сидерата, соломы, корневых и пожневных остатков на фоне минеральных удобрений и без традиционных органических удобрений позволяло в течение четырех ротаций зернового севооборота поддерживать в пахотном слое почвы бездефицитный баланс гумуса.

На протяжении четырех ротаций 6-польного зернового севооборота и под бессменными посевами ячменя происходило изменение содержания гумуса в почве, однако уже после первой ротации наметилась определенная тенденция в действии изучаемых приемов на динамику гумуса в пахотном слое дерново-подзолистой почвы (табл. 4). Так, при насыщении полевого севооборота зерновыми культурами с 50 (плодосмен) до 83% (зерновой севооборот) в разные периоды исследований происходило уменьшение абсолютного содержания гумуса в пахотном слое почвы на 0,08—0,21%, а в среднем за 4 ротации — на 0,147% или на 4,41 т/га. За последние две ротации эта разница была постоянной и составляла 0,21% или 6,3 т/га.

Длительное применение пожнивной сидерации на половине площади зернового севооборота позволило частично снять эту тенденцию и уменьшить дефицит гумуса в зерновом севообороте к концу третьей и четвертой ротаций до 0,04—0,11% или до 1,2—3,3 т/га (в среднем — до 2,2 т/га севооборотной площади или почти в 2 раза). Особенно эффективным в устранении дефицита баланса гумуса было длительное применение пожнивной сидерации в сочетании с удобрением соломой. Увеличивая почти вдвое поступление органической массы в почву, такой прием позволил к концу третьей и четвертой ротаций зернового севооборота снять отрицательное влияние зерновой специализации севооборота и поддерживать баланс гумуса в пахотном слое почвы на том же уровне, что и в плодосменном севообороте с двумя полями многолетних трав.

Перевод питательных веществ минеральных удобрений в органическую форму в составе зеленой массы сидерата сокращает их потери и улучшает баланс азота, фосфора и калия в специализированных зерновых севооборотах [11]. Результаты наших исследований с использованием меченых изотопов показали, что при запашке пожнивного сидерата существенно улучшается азотное питание ячменя и других зерновых культур, а коэффициент использования азота минеральных удобрений повышается 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 и богатой сахарами и другими углеводами создавало благоприятные условия для активизации сапрофитной микрофлоры в почве, играющей большую роль в минерализации органического вещества в почве, повышении ее биологической активности, гумификации органического вещества, попадающего в почву в виде органических удобрений, послеуборочных остатков.

Определение биологической активности почвы с помощью льняной тестовой ткани показало, что зеленая масса пожнивного сидерата служит своеобразной «растопкой» для биологической активности почвы и повышает ее в 1,3—1,5 раза, а в отдельные годы и в 2 раза. При этом изменяется видовой состав почвенной микрофлоры — повышается содержание бактерий рода *Clostridium* и в 6—10 раз возрастает азотофиксирующая способность почвы. Одновременно зеленое удобрение активизирует ферментативную активность почвы: активность уреазы повышалась на 52%, протеазы — на 45, инвертазы — на 10, каталазы — на 17% [10].

Ускоряя разложение растительных остатков — носителей почвенных фитопатогенов, зеленое удобрение в несколько раз повышает биологическую активность сапрофитной микрофлоры, которая является антагонистом почвенных грибов. В результате этих процессов после пожнивной сидерации поражение ячменя корневыми гнилями снижалось в 1,5—2 раза. Пожнивная сидерация снижает в 2—2,4 раза поражение картофеля паршой обыкновенной и в 1,7—5,3 раза ризоктониозом [7].

Длительное использование пожнивной сидерации, как в зерновых севооборотах, так и при бессменных посевах ячменя на фоне минеральных удобрений способствует увеличению количества дождевых червей в пахотном слое дерново-подзолистой почвы в 1,5—2 раза (табл. 5). Особенно заметное увеличение количества червей к концу вегетации ячменя отмечалось при использовании пожнивной сидерации в сочетании с удобрением соломой.

Улучшение биологических показателей плодородия почвы под влиянием длительного использования пожнивной сидерации сопровождалось позитивными изменениями и в агрофизических свойствах почвы. Увеличение удельного веса зерновых культур в севообороте до 83% приводит к ухудшению агрофизических свойств почвы (увеличение плотности, снижение количества водопрочных агрегатов, уменьшение водопроницаемости, влагоемкости и т.д.).

Многолетнее применение пожнивного зеленого удобрения в зерновом севообороте на фоне минеральных удобрений снижало плотность почвы под посевами ячменя на 0,05 г/см³ (на 3,7%) как в пахотном, так и подпахотном слоях почвы, под посевами овса в пахотном слое — на 0,04 г/см³ (на 3,1%) по сравнению с тем же севооборотом и на том же фоне минерального удобрения, но без пожнивной сидерации.

При совместной запашке пожливной горчицы и соломы плотность сложения почвы как под посевами ячменя, так и под посевами овса снижалась в пахотном и подпахотном слоях (табл. 6).

Таблица 5. Количество и биомасса дождевых червей в слое почвы 0—20 см под ячменем, 2004 г.

Вариант	Удобрение	Весной до посева		После уборки	
		Количество, шт/м ²	Биомасса, г/м ²	Количество, шт/м ²	Биомасса, г/м ²
I	NPK	37		27	17
III	NPK	23		21	15
IV	NPK + сидерат	27		23	20
V	NPK + сидерат + солома	23		35	26
A	Без удобрений	12		13	8
Б	NPK	28		29	13
В	NPK + сидерат	33		27	18
Г	NPK + сидерат + солома	29		53	41

Таблица 6. Изменение агрофизических свойств почвы в слое 0—20 см под посевом ячменя

Вариант	Удобрение	Плотность, г/см ³	Сумма водопрочных агрегатов, %	Водопроницаемость, мм/мин
I	NPK	1,32	37,7	2,8
III	NPK	1,31	34,4	2,0
IV	NPK + сидерат	1,24	37,6	3,3
V	NPK + сидерат + солома	1,22	40,1	3,4

Таблица 7. Урожайность зерновых культур и продуктивность зерновых севооборотов (учхоз «Михайловское», 1980 — 2004 гг.)

Севооборот (зерновые, %)	Урожайность зерна, ц/га				Выход зерна, ц/га	Общая продуктивность, ц к. ед/га
	Ячмень	Овес	Озимая пшеница	Озимая рожь		
Плодосмен (50)	32,8	31,4	37,7	—	17,0	53,0
Зернотравяной (67)	30,1	33,1	40,7	39,6	23,9	46,1
Зерновой (83)	28,9	29,9	35,0	34,4	26,2	43,2
Зерновой (83) + сидерат	31,2	32,4	38,0	36,6	28,2	48,7
Зерновой (83) + сидерат + солома	31,8	32,2	39,3	39,1	29,0	47,7

ных растений к сорнякам. В совокупности с активным подавлением сорняков быстрорастущими растениями горчицы это обеспечивает высокий сороочищающий эффект в зерновом севообороте: количество сорняков в посевах зерновых культур в среднем за ротацию уменьшалось с 36 до 19 шт/м² (на 47 %). В связи с этим возможно сокращение масштабов использования гербицидов.

Положительное влияние пожнивного сидерата на плодородие дерново-подзолистой почвы, фитосанитарное состояние посевов благоприятно сказывается также на росте, развитии и урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности севооборота и качестве получаемой продукции. Так, если на среднесуглинистых почвах Подмосковья внесение 20 т/га навоза повышало урожайность картофеля на 48%, равноценное ему количество минеральных удобрений — на 36%, то запашка зеленой массы пожнивной горчицы (15—20 т/га) — на 49,8%, а в сочетании с удобрением соломой (5—6 т/га) — на 58,6%. При этом повышалась товарность клубней и содержание в них крахмала. На супесчаных дерново-подзолистых почвах Брянской области после пожнивного сидерата урожайность картофеля повышалась на 86%, после внесения равнозначного количества минеральных удобрений — на 46%, минеральных удобрений с навозом — на 84% [7].

Таким образом, особенно эффективно применение пожнивного сидерата в специализированных зерновых севооборотах. Результаты 25-летних исследований, проведенных нами на дерново-подзолистых почвах Московской области, показали, что насыщение 6-польного севооборота до 83% зерновыми культурами приводит к снижению их урожайности (табл. 7). Однако это снижение удается снять, если до 50% площади зернового

Это объясняется дополнительным поступлением свежего органического вещества в виде зеленого удобрения и соломы в почву, которое заметно влияло на плотность ее сложения.

Водопроницаемость почвы тесно связана со структурой, плотностью и другими показате-

телями ее физического состояния. Запашка пожнивной зеленой массы с соломой снижала плотность почвы в пахотном слое, повышала содержание структурных агрегатов и увеличивала водопроницаемость. Лучшие условия для роста и развития растений зерновых культур после запашки пожнивной зеленой массы удобрения повышают конкурентоспособность хорошо развитых культур