Синих Ю.Н., Балабко П.Н., Гогмачадзе Г.Д.

Роль сидерации в накоплении органического вещества

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

УДК 631.86.631.452

Роль сидерации в накоплении органического вещества

Синих Ю.Н., Балабко П.Н., Гогмачадзе Г.Д.

Московский государственный университет

Аннотация

Приводятся данные о влиянии длительного (18 лет) использования пожнивной сидерации (горчица белая) как раздельно, так и в сочетании с удобрением соломой, на содержание органического вещества в дерново-подзолистой почве и урожайность сельскохозяйственных культур.

В условиях острого дефицита органических удобрений в земледелии центральных областей Нечерноземной зоны перспективной и экономически выгодной формой органического удобрения являются пожневные посевы сидеральных культур из семейства крестоцветных (горчица белая и др.).

Ключевые слова: ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТАЯ ПОЧВА, СЕВООБОРОТ, ГОРЧИЦА БЕЛАЯ, ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО

Введение

Новые, непростые условия, сложившиеся в результате реформирования АПК, требуют тщательного анализа и научно обоснованных решений, в т. ч. и в вопросах теории и практики севооборотов на пашне как основы современных систем земледелия в центральном Нечерноземье. Пашня дает 80% валового производства с.-х. продукции, с пашни поступает до 75% кормов для животноводства [1, 2, 3]. Этим определяется значение севооборотов как основы современных систем земледелия. Как и прежде, севообороты являются важным эффективным агротехническим средством восстановления плодородия почвы и защиты ее от эрозии, имеют большое фитосанитарное значение. Это особенно важно в условиях нехватки средств защиты растений, удобрений и других средств производства. Только за счет правильного чередования культур севооборот позволяет увеличить их урожайность в 1,5-2 раза по сравнению с их бессменным возделыванием [3, 4, 5].

Система севооборотов по-прежнему остается ключевым звеном современных систем земледелия, так как весь комплекс задач по рациональному использованию земли, воспроизводству плодородия почвы, ее защите от эрозии и охране окружающей среды и всего агроландшафта может решаться лишь в рамках научно обоснованной и хорошо адаптированной системы севооборотов. На нее накладываются и, как на стержень, нанизываются другие звенья системы земледелия: обработка почвы, внесение удобрений, мелиорация и защита почвы от эрозии, защита растений от вредителей, болезней и сорняков и др.

Хозяйствам экстенсивного земледелия следует обратиться к принципам классического плодосмена, хорошо разработанным классиками отечественной агрономии — И.А. Стебутом, Д.Н. Прянишниковым, А.Г. Дояренко и др. Эти принципы предусматривают строгое соблюдение чередования на полях культур с большими различиями по биологии и технологии возделывания: злаковых с бобовыми, культур сплошного посева с пропашными, озимых с яровыми, многолетних с однолетними и т.д. Контрастные различия чередующихся на полях культур позволяют успешно бороться с болезнями, вредителями и сорняками, избежать явлений почвоутомления, сохранять плодородие почвы и защищать ее от эрозии. Этим задачам в наибольшей степени соответствуют универсальные плодосменные севообороты полевого типа, в которых зерновые культуры занимают около 50% пашни, а другая половина севооборотной площади распределяется примерно поровну между бобовыми и пропашными культурами.

Особенностью зерновой специализации является то, что в качестве зерновых возделываются разнообразные культуры, существенно отличающиеся по своей биологии и технологии возделывания: озимости и яровости, поздним и ранним срокам посева и уборки, устойчивости к болезням и вредителям, конкурентоспособности к сорнякам и по другим признакам, необходимым для организации их чередования на полях. При этом особую роль играет смена культур в пределах зерновой группы, отличающихся степенью поражения болезнями корневой гнили, ржавчиной, нематодой и другими болезнями и вредителями, засорённостью посевов озимыми и яровыми сорными растениями и т. д. Например, овес в таких чередованиях выполняет роль «санитарной» культуры, так как он не поражается болезнями корневых гнилей и прерывает чередование пшеницы и ячменя, растения которых поражаются одними и теми же возбудителями болезни корневых гнилей. В то же

время чередование овса с другими зерновыми культурами избавляет его растения от овсяной нематоды, которая поражает бессменные посевы овса [3].

Посевы озимой пшеницы и озимой ржи подавляют распространение яровых сорных растений, а смена озимых зерновых яровыми зерновыми культурами очищает поля от озимых сорных растений.

К сожалению, биологические и другие причины чередования культур не устраняются достаточно полно при чередовании различных видов зерновых культур в зерновом специализированном севообороте. По этой причине в зерновом севообороте с насыщением зерновыми культурами свыше 75-80 % пашни ухудшаются агрофизические, агрохимические и биологические показатели плодородия почвы, повышается засоренность посевов сорняками и пораженность растений болезнями, снижается урожайность зерновых культур и общий выход зерна в специализированном севообороте.

С этим тесно связана другая проблема земледелия Нечерноземной зоны — воспроизводства плодородия почвы и, прежде всего, поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве. Условия промывного режима в этом регионе определяют высокую динамичность процессов минерализации гумуса: в зависимости от вида возделываемых полевых культур почвы здесь ежегодно теряют гумуса в среднем от 0,5 до 1,5 т/га [6, 7]. Такие потери гумуса требуют постоянной его компенсации внесением десятков тонн навоза на 1 га пашни [3, 8]. Однако резкое сокращение поголовья с.-х. животных в последние десятилетия породило острый дефицит этого ценного органического удобрения. Поэтому актуальным становится применение других видов органического удобрения: зеленого удобрения и соломы [1, 4, 6, 9–13].

Результаты исследований показали, что применение минеральных удобрений, дозы которых рассчитаны на запланированный урожай для каждой культуры севооборота, в сочетании с заправкой горчицы белой и соломой на удобрение для дерново-подзолистой почвы является действенным приемом управления гумусовым ее состоянием [14].

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 [9, 11-13, 15, 16]. Но экономически более выгодной является промежуточная форма сидерации, когда вместо сидерального пара используются промежуточные сидеральные культуры [1, 8, 10–12, 15, 17].

По данным Ахметзянова М.Р. [14], результаты проведенных производственных опытов на серых лесных почвах Республики Татарстан свидетельствуют о том, что урожайность озимой пшеницы сорта «Скипетр» в агрофирмах АО «Агросила» в 2017-2019 гг. после сидерального пара (горчица белая) составляла в среднем за 3 года 51,3 ц/га, несколько ниже она была по сидеральному пару (редька масличная) – 48,9 ц/га. Самая низкая урожайность озимой пшеницы была получена по чистому пару – 41,1 ц/га [18].

В центральных и других областях Нечерноземной зоны в качестве зеленого удобрения пригодны пожнивныя посевы горчицы белой, редьки масличной, рапса ярового и озимого, фацелии, подсевные посевы сераделлы, райграса однолетнего, донника, люпина многолетнего и другие [8, 11, 15]. Промежуточные сидераты оказывают положительное влияние на баланс органического вещества, агрофизические и другие показатели плодородия почвы, фитосанитарное состояние посевов [1, 4, 9-12, 15, 17], являются важным фактором биологизации земледелия, защищают почву от эрозии, способствуют охране окружающей среды, обеспечивают устойчивое экологическое равновесие и получение экологически чистой продукции. Характерным для химического состава этого органического удобрения является узкое соотношение C:N, близкое к 10:1. Известно, что 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 приводит к накоплению питательных веществ в почве, тогда как при широком соотношении C:N, например, в соломе, в которой оно составляет 40-50:1, такое удобрение вызывает иммобилизацию питательных веществ в почве [7, 8, 10, 11]. В силу этих обстоятельств актуальным было изучение сочетания поживной сидерации с удобрением соломой в специализированных зерновых севооборотах с предельным их насыщением посевами зерновых культур.

Исследования показали, что поживное зеленое удобрение в чистом виде и при совместном использовании с соломой в полевых севооборотах и в бессменных посевах ячменя обеспечивает существенное превышение уровня поступления органических остатков в сравнении с плодосменным севооборотом [19].

Этим вопросам посвящены были исследования, проведенные нами в длительных стационарных полевых опытах в учхозе МСХА «Михайловское». Они базировались на

вышеизложенных обстоятельствах, прежде всего, на том, что при возделывании озимых и ранних яровых зерновых культур после их уборки в центральных областях Нечерноземной зоны остается 2-2,5 месяца теплого пожнивного периода, хорошо обеспеченного теплом и атмосферными осадками. По среднегодовым данным за 100 лет наблюдений Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, за этот период выпадает до 120-150 мм атмосферных осадков, а сумма среднемесячных температур достигает 1000°С [1, 12]. Этих агроклиматических ресурсов вполне достаточно, чтобы после получения урожая зерна посеять и вырастить еще и урожай зеленой массы быстрорастущих и устойчивых к раннеосенним заморозкам пожвальных культур из семейства капустных: рапса, горчицы белой, редьки масличной и др. [11].

Результаты наших многолетних исследований показали, что наиболее высокие и устойчивые урожаи зеленой массы при пожвальной посеве дает белая горчица (*Sinapis alba* L.). Технология ее возделывания хорошо вписывается в технологию зяблевой обработки почвы в центральных областях Нечерноземной зоны. Сразу же после уборки предшествующей зерновой культуры комбайном с соломоизмельчителем в начале августа вносят аммиачную селитру 1-1,5 ц/га, проводят перекрестное лушение в 2 следа на глубину 8-10 см и высевают белую горчицу сплошным способом посева с нормой высева 30-40 кг/га всхожих семян на глубину 2-3 см. В случае иссушения верхнего слоя почвы после посева горчицы проводят прикатывание. При благоприятных условиях массовые всходы горчицы появляются на 4-й–6-й день. Через 40-45 дней после появления массовых всходов наступает фаза цветения белой горчицы, когда она наращивает наибольшее количество зеленой массы, которая может быть использована как молокогонный корм или в качестве зеленого удобрения [11].

В годы с хорошим обеспечением осени осадками и теплом горчица белая, посеянная в начале августа сразу после уборки озимой пшеницы или озимой ржи, к концу сентября зацветала и давала зеленой массы по 27-30 т/га. Однако продуктивность пожвальных посевов белой горчицы в большой степени зависит от погодных условий. При средней урожайности зеленой массы пожвальной горчицы 17 т/га в течение 20-летнего периода с 1961 по 1980 гг. она изменялась от 2,6 до 39,2 т/га. В отдельные годы с сухой осенью пожвальные посевы горчицы из-за недостатка влаги, а иногда и тепла, не дают ожидаемого урожая, окупающего затраты на ее посев [1, 11].

Установлено, что при урожайности зеленой массы пожнивных посевов горчицы белой ниже 10 т/га они убыточны, так как при этом уровне урожайности затраты на ее посев не окупаются получаемой продукцией. Но анализ агроклиматических ресурсов пожнивного периода за 100 лет и оценка экономической эффективности пожнивных посевов белой горчицы как сидерата показали, что неблагоприятными по погодным условиям для пожнивных посевов белой горчицы в Московской области бывают лишь 3 года из 10, и экономический эффект, получаемый от ее посевов в 7 благоприятных лет, намного перекрывает убытки, связанные с неблагоприятными погодными условиями в другие 3 года [11].

Все это учитывалось нами при разработке схемы, закладке и проведении длительного стационарного полевого опыта в 1980–2004 гг. на экспериментальной базе ТСХА в учхозе «Михайловское» Подольского района Московской области по изучению возможностей зерновой специализации земледелия путем предельного насыщения севооборота зерновыми культурами с применением поживной сидерации и удобрения соломой на фоне минеральных удобрений.

Методика исследования

Исследования проводились в полевом опыте, заложенном в 1980 году на опытном поле экспериментальной базы ТСХА «Михайловское» Подольского района Московской области. Почва опытного участка (табл. 1) – дерново-подзолистая среднесуглинистая, слабоокультуренная. Содержание гумуса в пахотном слое почвы (0-20 см) перед закладкой опыта составляло 1,94%, подвижного фосфора и калия по Кирсанову – 131 и 164 мг/кг, рН_{сол.} – 5,7. Закладка полевого опыта проведена в соответствии с существующими методическими указаниями по постановке полевых опытов в земледелии.

Рассматривались следующие варианты севооборотов:

I – 50% зерновых на фоне NPK: многолетние травы 1-го года пользования (г.п.) – многолетние травы 2-го г.п. – озимая пшеница – кукуруза на силос – овёс – ячмень с подсевом трав.

II – 83% зерновых на фоне NPK (контроль): викоовсяная смесь (на зелёный корм) – озимая пшеница – овёс – ячмень – озимая рожь – ячмень.

III – 83% зерновых на фоне NPK с поживной горчицей (ПГ) на зелёное удобрение:

викоовсяная смесь (на зелёный корм) – озимая пшеница + пожнивное зелёное удобрение (ПГ) – овёс – ячмень – озимая рожь + пожнивное зелёное удобрение (ПГ) – ячмень + пожнивное зелёное удобрение (ПГ).

IV – 83% зерновых на фоне NPK с поживной горчицей (ПГ) на удобрение и запашкой соломы (С): викоовсяная смесь (на зелёный корм) – озимая пшеница + пожнивное зелёное удобрение (ПГ) + солома (С) – овёс – ячмень – озимая рожь + пожнивное зелёное удобрение (ПГ) + солома (С) – ячмень + пожнивное зелёное удобрение (ПГ) + солома (С).

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Слой почвы, см	Гумус, %	pH _{KCl}	Сумма обменных оснований	Гидролитическая кислотность	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв. на 100 г почвы		мг/кг почвы (по Кирсанову)	
0-20	1,94	5,7	16,1	2,09	131	164
20-40	0,77	4,6	14,3	3,62	58	119

Севообороты развёрнуты во времени и пространстве на делянках с рендомизированным размещением в системе блоков. Размер делянки – 80 м² (16 м × 5 м), повторность – 4-кратная, размещение блоков – 4-хярусное.

Кроме того, изучали бессменные посевы ячменя по следующей схеме: 1) без удобрений (контроль); 2) NPK – фон; 3) фон + ПГ; 4) фон + ПГ + С, а также овса – без удобрений и на фоне NPK.

Агротехника вариантов:

1. NPK расчетно (условное обозначение «NPK расчетно») – внесение расчетных доз минеральных удобрений на запланированные урожаи: озимой пшеницы и озимой ржи 4 т/га (N₂₀₀P₁₆₀K₁₂₀), ячменя и овса (N₉₆P₁₂₀K₁₀₄), под викоовсяную смесь 30 т/га зеленой массы (N₉₀P₁₂₀K₉₀).
2. Заделка измельченной соломы после уборки озимой пшеницы и озимой ржи (4-5 т/га), ячменя (3-4 т/га) на 8-10 см БДТ-3 с добавлением компенсирующей дозы азота (10 кг д. в. на 1 т соломы).
3. Посев горчицы белой – после уборки озимой ржи, озимой пшеницы и ячменя. Проводили 2-кратное дискование вдоль и поперек орудием БДТ-3 и выравнивание комбинированным агрегатом РБК-3,6. Посев горчицы белой на зеленое удобрение (сорт

«Лунинская», норма высева 40 кг/га) сеялкой СН-16 на глубину 1-2 см. Во второй половине октября запахивали зеленую массу (20-30 т/га) плугом ПН-3-35 на глубину пахотного слоя (0-20 см), предварительно измельчив зеленую массу – КИР 1,5.

Результаты исследования

Как показали исследования (табл. 2), урожайность пожнивной горчицы различалась и зависела, в основном, от погодных условий в пожнивной период и сроков сева. Из таблицы 2 следует, что в первую и вторую ротацию, она была наиболее высокой и составляла после ярового ячменя 11,5-16,6 т/га зеленой массы, после озимой ржи – от 18,4 до 24,8 т/га, а после озимой пшеницы – от 20,2 до 27,8 т/га зеленой массы, или от 1,7 до 3,8 т/га сухого вещества. В годы третьей ротации севооборотов (1993-1998 гг.) по озимым предшественникам урожайность горчицы была ниже на 32-44 %, по ячменю в севообороте – на 16-23 %.

Таблица 2. Выход зеленой и сухой масса пожнивной горчицы по разным предшественникам, т/га

Предшественник	I ротация (1981-1986 гг.)	II ротация (1987-1992 гг.)	III ротация (1993-1998 гг.)	Среднее за 18 лет
В севообороте: оз. пшеница	26,6 (3,7)	22,2 (2,8)	11,0 (1,4)	19,9 (2,6)
оз. пшеница*	27,8 (3,8)	20,2 (2,5)	12,2 (1,6)	20,1 (2,6)
оз. рожь	19,8 (2,5)	24,8 (3,0)	8,0 (0,9)	17,5 (2,1)
оз. рожь*	18,4 (2,3)	22,5 (2,7)	9,4 (1,1)	16,8 (2,0)
ячмень	12,9 (1,9)	16,6 (1,8)	2,7 (0,5)	10,7 (1,4)
ячмень*	11,5 (1,7)	16,0 (1,7)	2,6 (0,4)	10,0 (1,3)
Бессменные посевы: ячмень	13,3 (1,5)	19,7 (2,2)	2,4 (0,3)	11,8 (1,3)
ячмень*	11,9 (1,4)	18,3 (2,1)	2,7 (0,3)	11,0 (1,3)

Примечания: * – солома на удобрение; число в скобках – сухая масса.

В бессменном посеве ячменя урожайность зеленой массы пожнивной горчицы была ниже в связи с более поздней уборкой культуры и составляла в среднем за первые 12 лет 11,9-19,7 т/га зеленой массы и 1,4-2,2 т/га по сухой массе. В последующие годы урожайность пожнивной горчицы была невысокой из-за поздней уборки предшественника.

Сравнительный анализ погодных условий пожнивного периода выращивания горчицы белой в севообороте (август-сентябрь) за 18 лет наблюдений показал (рис. 1), что вариабельность урожайности её зеленой массы ($У$, т/га) находилась в тесной зависимости от гидротермического коэффициента (ГТК, X), в котором интегрировано совместное влияние атмосферных осадков и суммы активных температур. Эта связь по разным зерновым предшественникам описывается уравнениями регрессии параболы второго порядка с коэффициентами корреляции $R=0,82-0,85$ на фоне NPK и непосредственно с зеленым удобрением и $R=0,78-0,81$ – совместно с соломой. Исходя из полученных зависимостей, высокую урожайность горчицы белой (20-28 т/га) после уборки озимых зерновых культур в осенний пожневной период (август-сентябрь) можно получить в интервале ГТК 1,5-2,0, после ячменя в севообороте (15-20 т/га) – 1,5-1,8.

Таким образом, отмечена большая изменчивость и зависимость продуктивности пожневных посевов горчицы белой в изучаемых севооборотах от погодных условий (рис. 1) и сроков уборки предшественников. Во все годы исследований лучшими предшественниками пожневной горчицы были озимые культуры: пшеница и рожь.

Важнейший показатель плодородия почвы – содержание в ней гумуса. При сельскохозяйственном использовании пашни этот относительно стабильный показатель может существенно измениться даже за короткий период. В настоящее время постоянное сокращение запасов гумуса в почвах Нечерноземной зоны определяет задачу обеспечения его воспроизводства.

Анализ динамики гумусового режима почвы показал (табл. 3), что за 12 лет во всех изучаемых вариантах по содержанию гумуса в почве имела место тенденция к значительному повышению по сравнению с исходным уровнем его содержания. Данное увеличение его в почве объясняется, прежде всего, тем, что в годы I и II ротации севооборотов было запахано зеленой массы пожневной горчицы после озимых культур от 18,4 до 27,8 т/га, после ячменя – от 11,5 до 16,6 т/га и, соответственно, 2,3-3,8 т/га и 1,7-2,7 т/га абсолютно сухой массы. При насыщении полевого севооборота зерновыми культурами с 50 до 83 % содержание гумуса в сравнении с плодосменом снизилось на 0,39%. Длительная заправка пожневного сидерата совместно с удобрением соломой приближает содержание гумуса в почве практически к уровню плодосменного севооборота. Аналогичная динамика содержания гумуса в почве наблюдалась и при бессменных посевах ячменя и зависела от фона удобрения.

Синих Ю.Н., Балабко П.Н., Гогмачадзе Г.Д.

Роль сидерации в накоплении органического вещества

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

NPK+ПГ

Предшественник – оз. пшеница Предшественник – оз. рожь Предшественник – ячмень

Рис. 1. Зависимость урожайности зеленой массы горчицы белой (Y, т/га) от погодных условий (X, ГТК) пожнивного периода (август-сентябрь), в ср. за 1981-1998 гг.

Таблица 3. Содержание гумуса в пахотном слое почвы (0-20 см) в полевых севооборотах и бессменном посеве ячменя, %

Севооборот, % зерновых	Вариант удобрения	1980 г. (исх.)	1992 г.	1996 г.
I-50	NPK	2,00	2,58	1,93
II-83	NPK	1,91	2,19	1,72
III-83	NPK + ПГ	1,90	2,17	1,89
IV-83	NPK + ПГ + С	1,92	2,28	2,01
Ячмень бессменно	Без удобрений	1,86	1,73	1,67
	NPK	1,82	1,87	1,83
	NPK + ПГ	2,15	2,00	1,96
	NPK + ПГ + С	1,95	2,04	1,94

В годы третьей ротации севооборотов (1993–1996 г.г.) и в бессменных посевах ячменя произошло снижение гумуса в пахотном слое почвы по всем вариантам опыта. Однако следует отметить, что наименее выражена эта тенденция в варианте с длительной совместной заправкой пожнивной горчицы и соломы на удобрение. Данный факт снижения содержания гумуса объясняется тем, что в годы третьей ротации урожайность пожнивной горчицы по озимым предшественникам была ниже на 32-44 %, по ячменю – на 16-23 %. В бессменном посеве ячменя урожайность пожнивной горчицы была ниже в 5,5 раз.

Корреляционно-регрессионный анализ выявил закономерность между количеством запахиваемой в сумме за ротацию воздушно-сухой массы пожнивной горчицы и содержанием гумуса в почве (рис. 2).

Рис. 2. Зависимость между количеством внесенной в почву сухой массы горчицы за ротацию севооборота (Y, т/га) и содержанием гумуса (X, %)

Вариабельность содержания гумуса (X %) по ротациям севооборота от суммарной сухой массы пожнивной горчицы (Y, т/га), запахиваемой под посев яровых зерновых культур, описывается уравнением параболы второго порядка с коэффициентом корреляции $R = 0,96$. Из полученной зависимости следует: поддерживать содержание гумуса в дерново-подзолистой почве на уровне 1,9%, ежегодное внесение пожнивной горчицы (сухой массы) должно составлять 4-5 т/га.

Наши исследования, выполненные в Берлинском университете им. Гумбольдта с

использованием компьютерных программ (Cmat 5500 Strottleinn), показали, что увеличение доли зерновых в севообороте с 50 до 83 % приводило к снижению лабильного органического вещества с 521 до 423 мг/кг почвы (табл. 4). Однако при включении в полевой севооборот пожнивного зеленого удобрения данный показатель увеличился до 477 мг/кг почвы, а заплата сидерата с соломой повысила количество лабильного органического вещества до 543 мг/кг почвы, т.е. длительное применение зеленого удобрения совместно с соломой создает благоприятные условия для гумификации органического вещества.

Таблица 4. Содержание лабильного органического вещества в пахотном слое почвы (0-20 см) в севооборотах и бессменных посевах ячменя, мг/кг почвы

Севооборот, % зерновых	Вариант удобрения	1992 г.	1996 г.	C/N, (1996 г.)
I	NPK	521	439	10,7
II	NPK	423	419	11,5
III	NPK + ПС	477	420	7,1
IV	NPK + ПС + С	543	431	8,1
Ячмень бессменный	без удобрений	385	387	10,1
	NPK	445	427	10,6
	NPK+ ПС	582	434	9,0
	NPK + ПС + С	604	438	8,8

Аналогичная картина увеличения лабильного органического вещества установлена и при длительных бессменных посевах ячменя. Если в контроле без применения удобрений его содержание в почве было на уровне 385 мг/кг почвы, то в вариантах с применением минеральных удобрений увеличение к контролю составило 60, с сидерацией – около 200, а с использованием минеральных удобрений, сидерата и соломы – 220 мг/кг почвы.

За годы третьей ротации севооборотов (1993-1996 гг.) произошло снижение содержания лабильного органического вещества в пахотном слое почвы. Из таблицы 4 следует, что повышение насыщения полевого севооборота с 50 до 83 % зерновых культур содержание лабильного органического вещества снизилось с 439 до 419 мг/кг почвы. Длительное использование пожнивной горчицы, особенно совместно с удобрением соломой, повысило содержание лабильного органического вещества до 431 мг/кг почвы, что практически приблизило его к уровню плодосменного севооборота.

В бессменных посевах ячменя содержание лабильного органического вещества, в

основном, зависело от фона удобрений. Систематическое использование пожнивной горчицы на фоне минеральных удобрений к концу 1992 г. способствовало повышению лабильного органического вещества в почве на 137 мг/кг, включение в систему удобрения соломы – на 159 мг/кг в сравнении с вариантом, где органические удобрения не вносили. В последующие 6 лет, как и в севообороте, содержание лабильного органического вещества в почве снизилось. Это объясняется, тем, что в годы третьей ротации по озимым предшественникам урожайность горчицы была ниже на 48-50 %, по ячменю в севообороте – на 39%. В бессменных посевах ячменя урожайность пожнивной горчицы была ниже в 4,5 раза и составляла 2,5 т/га.

Результаты исследований показали, что применение минеральных удобрений, дозы которых рассчитаны на запланированный урожай для каждой культуры севооборота, в сочетании с запашкой горчицы белой и соломой на удобрение для дерново-подзолистой почвы является действенным приемом управления гумусовым её состоянием.

Из таблицы 5 следует, что в севообороте с пожнивной горчицей этот агротехнический прием в сравнении с зерновым севооборотом II – 83 обеспечил к концу третьей ротации улучшение гумусового состояния почвы с небольшим его дефицитом (0,1 т/га), а совместное применение пожнивной горчицы и соломы на удобрение способствовало компенсации минерализации гумуса, обеспечивая бездефицитный его баланс (+ 0,7 т/га).

Таблица 5. Баланс гумуса в пахотном слое почвы (0-20 см) в севооборотах

Севооборот, % зерновых	Вариант удобрения	Содержание гумуса, %			Потери гумуса от минера- лизации, в среднем за ротацию, т/га	Возобновление гумуса за счет ПКО, в среднем за ротацию, т/га	Нетто баланс гумуса, т/га
		до заклад- ки опыта	через 16 лет	откло- нение (+, -)			
I – 50	NPK	2,00	1,93	- 0,07	1,65	1,05	- 0,60
II – 83	NPK	1,91	1,72	- 0,19	1,76	0,58	- 1,18
III – 83	NPK + ПГ	1,90	1,89	- 0,01	1,34	1,23	- 0,11
IV – 83	NPK + ПГ + С	1,92	2,01	+ 0,09	1,14	1,87	+ 0,73

Таким образом, в полевом севообороте в годы 2 ротации установлена ярко выраженная тенденция к накоплению гумуса в вариантах с длительным применением

пожнивной горчицы совместно с удобрением соломой, что обусловлено аккумулятивным эффектом.

Результирующим фактором всех опытов является урожай сельскохозяйственных культур. Урожайность зерновых культур в опыте зависела от погодных условий, количества запахиваемой зеленой массы пожнивной горчицы и соломы и доз минеральных удобрений. Однако во всех случаях четко прослеживалась реакция культур на увеличение в севообороте доли зерновых, предшественники и удобрения.

Данные таблицы 6 свидетельствуют, что урожайность ячменя в среднем за 18 лет (1981-1998 гг.) при насыщении севооборотов зерновыми с 50 до 83 % снизилась на 0,58 т/га (16%). Включение в севооборот пожнивного зеленого удобрения на фоне NPK в чистом виде и в сочетании с соломой повысило его урожайность на 0,34-0,36 т/га, или на 11-12 %. Однако наибольшую урожайность (3,61 т/га) обеспечил плодосменный оборот с прибавкой к контролю 0,58 т/га.

При насыщении полевого севооборота зерновыми с 50 до 83 % урожайность зерна овса снизилась с 3,3 до 3,1 т/га, или на 5,5%. Длительное использование пожнивного зеленого удобрения способствовало росту урожайности зерна овса на 8%, а в сочетании с соломой – на 9% в сравнении с контролем (II-83 %). В севообороте с пожнивной горчицей урожайность овса была на одном уровне с плодосменом.

Прямого воздействия влияния горчицы на урожайность озимых зерновых культур не было отмечено. Её последствие на озимой пшенице отмечали через 2, озимой ржи – через 3 года после заделки.

В среднем урожайность озимой пшеницы в III севообороте была на 0,37 т/га, или на 10%, выше, чем во втором, а при совместной заделке с соломой – на 0,56 т/га, или на 16%, что приблизило её к уровню плодосменного севооборота – 4 т/га. Увеличение сбора зерна озимой ржи за счет ранее запаханной горчицы в среднем составило 0,18 т/га в сравнении со вторым севооборотом, где этот агроприем не применяли. Совместная заделка её с соломой обеспечила рост урожайности на 0,46 т/га.

В бессменных посевах ячменя средняя урожайность зерна за годы исследований (1981-1998 гг.) составила в варианте без удобрений – 1,24, с применением только минеральных удобрений – 2,19, с пожнивной горчицей – 2,16, а совместно с соломой – 2,26 т/га.

Таблица 6. Урожайность зерновых культур в полевых севооборотах (в среднем за ротацию), т/га

Севооборот, % зерновых	Вариант удобрения	В среднем за ротацию			В среднем за 18 лет	
		1981- 1986 гг.	1987- 1992 гг.	1993- 1998 гг.	урожайность	прибавка к контролю
Ячмень						
I-50	NPK	3,40	3,92	3,51	3,61	0,58
II-83 (контроль)	NPK	2,94	3,29	2,85	3,03	—
III-83	NPK+ПГ (ежегодно)	3,30	3,62	3,18	3,37	0,34
IV-83	NPK+ПГ+С (ежегодно)	3,34	3,65	3,17	3,39	0,36
НСР ₀₅		0,15	0,31	0,24	0,26	
Овес						
I-50	NPK	3,00	3,01	3,89	3,30	0,18
II-83 (контроль)	NPK	3,11	2,83	3,41	3,12	—
III-83	NPK+ПГ (ежегодно)	3,19	3,15	3,73	3,36	0,24
IV-83	NPK+ПГ+С (ежегодно)	3,16	3,12	3,88	3,39	0,27
НСР ₀₅		0,08	0,12	0,16	0,10	
Озимая пшеница						
I-50	NPK	3,90	5,25	3,04	4,07	0,52
II-83 (контроль)	NPK	3,39	4,28	2,99	3,55	—
III-83		3,62	4,72	3,42	3,92	0,37
IV-83		3,92	4,66	3,75	4,11	0,56
НСР ₀₅		0,12	0,34	0,38	0,20	
Озимая рожь						
II-83 (контроль)	NPK	4,15	3,79	3,04	3,66	—
III-83	NPK+ПГ (последствие)	4,27	4,15	3,10	3,84	0,18
IV-83	NPK+ПГ+С (последствие)	4,43	4,41	3,51	4,12	0,46
НСР ₀₅		0,19	0,42	0,47	0,14	

Выводы

1. При посеве горчицы белой после уборки озимых зерновых культур в начале августа до наступления осенних холодов можно получить в среднем на 1 га 18-20 т зеленой массы высокой удобрительной ценности.

2. В результате исследований установлено, что в условиях Центрального Нечерноземья на дерново-подзолистых почвах посев горчицы белой в зерновом севообороте после уборки озимых зерновых культур (озимая пшеница, озимая рожь) в

начале августа до наступления осенних холодов обеспечивает получение 18-30 т/га зеленой массы в интервале агроклиматического показателя ГТК – 1,5-2,0, после ячменя (15-20 т/га) – 1,5-1,8. Установлены корреляции и уравнения регрессии высокой степени достоверности ($R=0,78-0,85$) между урожайностью зеленой массы горчицы и ГТК ее произрастания.

3. Важным дополнением к пожнивному сидерату является солома зерновых культур, которую в измельченном виде заделывают в почву под посев поживной культуры.

4. Длительное использование поживного сидерата в сочетании с соломой на 50% севооборотной площади увеличивает поступление органической массы в дерново-подзолистую почву в среднем в 2 раза за ротацию специализированного зернового севооборота.

5. Существенное пополнение запасов органического вещества почвы за счет поживного сидерата и соломы на фоне минеральных удобрений позволяет длительное время поддерживать в зерновом севообороте такой же бездефицитный баланс гумуса, как и в плодосменном севообороте с двумя полями многолетних трав.

6. Поживная сидерация, как в чистом виде, так и в сочетании с соломой, обеспечивает повышение урожайности зерновых культур в зерновом специализированном севообороте до уровня их урожайности в плодосменном севообороте.

Список использованных источников

1. Лошаков В.Г. Севооборот и биологизация земледелия // Вести, с.-х. науки. – 1992. – С. 19-25.
2. Российский статистический ежегодник. – М.: Госкомстат, 2000.
3. Севооборот в современной земледелии / Под ред. Лошакова В.Г. Сб. докл. научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.А. Воробьева. – М.: МСХА, 2004. – 307 с.
4. Агрономические основы специализации севооборотов / Под ред. С.А. Воробьева, А.М. Четверни. – М.: Агропромиздат, 1987. – 239 с.
5. Воробьев С.А. Севообороты интенсивного земледелия. – М.: Колос, 1979. – 368 с.
6. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества почв. – М.: Агроконсалт, 1997. – 82 с.
7. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т. 3. Химизация сельского хозяйства. – 1953. – 688 с.

8. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья / Под ред. Н.З. Милащенко. – М.: ВИУА, 1993. – 864 с.
 9. Алексеев Е.К. Зеленое удобрение в Нечерноземной полосе. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 278 с.
 10. Лошаков В.Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 133 с.
 11. Лошаков В.Г. Промежуточные культуры как фактор интенсификации земледелия и окультуривания дерново-подзолистых почв: автореф. дис. д-ра с.-х. наук. – М. – 1982.
 12. Лошаков В.Г. Использование данных многолетних наблюдений Метеорологической обсерватории им. В.А. Михельсона при определении степени вероятности успешного возделывания пожнивных посевов // Изв. ТСХА. – 2004. – Вып. 4. – С. 3-7.
 13. Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.И. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. – М.: РАСХН, 2004. – 630 с.
 14. Ахметзянов М.Р. Научно-практические основы управления факторами почвенного плодородия при биологизации земледелия на серых лесных почвах лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. д-ра с.-х. наук: – Казань. – 2020. – 48 с.
 15. Довбан К.И. Зеленое удобрение. – М.: Агропромиздат, 1990. – 207 с.
 16. Новиков М.И., Тужилин В.М. Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне. – Владимир. – 2004.
 17. Лошаков В.Г., Емцев В.Т., Рогова Т.А. и др. Роль пожнивного зеленого удобрения в повышении биологической активности почвы в зерновых севооборотах // Изв. ТСХА. – 1987. – Вып. 4. – С. 10-17.
 18. Синих Ю.Н. Горчица белая в Центральном Нечерноземье. – М.: ВНИИА, 2019. – 96 с.
 19. Синих Ю.Н. Севообороты в Центральном Нечерноземье. – М.: ООО «Плодородие», 2020. – 120 с.
-

Цитирование:

Синих Ю.Н., Балабко П.Н., Гогмачадзе Г.Д. Роль сидерации в накоплении органического вещества [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №3. Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/3/st_317.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20213317>.