

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ В СЕВООБОРОТЕ С ЛЮПИНОМ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Е.И. ИСАЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-9352-5329, E-mail: lupin.zemledelie@mail.ru

М.Ю. АНИШКО, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID: 0000-0002-5803-0507, E-mail: lupin.zemledelie@mail.ru

ВНИИ ЛЮПИНА – ФИЛИАЛ ФНЦ «ВИК ИМЕНИ В.Р. ВИЛЬЯМСА», Г. БРЯНСК

Представлены результаты исследований по влиянию способов основной обработки на биологическую активность серой лесной почвы в севообороте с люпином и, как следствие, на изменение содержания гумуса. Цель исследований – изучить состояние почвенного плодородия серой лесной почвы при разных способах основной обработки почвы в севообороте с люпином. Исследования проводили на серой лесной почве юго-запада Нечерноземной зоны Брянского региона стационарного опыта ВНИИ люпина в 2019-2022 гг. Наиболее интенсивная микробиологическая активность почвы наблюдалась во всех вариантах опыта в слое 0-10 см. На микробиологическую активность влияет способ обработки почвы. Так, в слое 0-10 см при безотвальной обработке данный показатель максимальный (39%), на 24% выше, чем при вспашке и на 16,9% выше, чем при чизелевании раз в 4 года в севообороте под люпин. Наиболее перспективной системой основной обработки почвы с точки зрения сохранения и воспроизводства гумуса является безотвальная система основной обработки почвы. При данном способе выявлено меньшее снижение гумуса серой лесной почвы за 8 лет (на 0,25 и 0,41%); при отвальных обработках снижение составило 0,50 и 0,80%. Степень гумификации органического вещества в зерновом севообороте за годы исследований заметно снизилась до 22,1% при безотвальных обработках и до 18,4 при отвальной вспашке. Гумус серой лесной почвы до закладки опыта имел гуматный тип, при всех системах обработки почвы. Через 8 лет в зерновом севообороте с люпином, без какой либо запашки люпина на зеленое удобрение, тип гумуса поменялся на гуматно-фульватный, при отвальных обработках почвы с соотношением $C_{гк}:C_{фк}$ в пределах 1-0,5. И на фульватно-гуматный тип при безотвальных обработках почвы, с соотношением $C_{гк}:C_{фк}$ в пределах 1-2.

Ключевые слова: показатели плодородия, севооборот, способы основной обработки почвы, биологическая активность, люпин.

Для цитирования: Исаева Е.И., Анишко М.Ю. Состояние почвенного плодородия в севообороте с люпином при разных способах основной обработки почвы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 3(55):173-178. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-173-178

DIAGNOSTIC INDICATORS OF SOIL FERTILITY IN CROP ROTATION WITH LUPINE UNDER DIFFERENT METHODS OF PRIMARY SOIL CULTIVATION

E. I. Isaeva, M. Yu. Anishko

FSBSI «ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF LUPIN» – BRANCH OF FSBSI
«FEDERAL WILLIAMS RESEARCH CENTER OF FORAGE PRODUCTION AND
AGROECOLOGY»

Abstract: The results of studies on the influence of primary tillage methods on the biological activity of gray forest soil in crop rotation with lupine and, as a consequence, on the change in

humus content are presented. The purpose of the studies is to study the state of soil fertility of gray forest soil with different primary tillage methods in crop rotation with lupine. The studies were carried out on the gray forest soil of the southwest of the Non-Chernozem zone of the Bryansk region of the stationary experiment of the All-Russian Research Institute of Lupine in 2019-2022. The most intensive microbiological activity of the soil was observed in all variants of the experiment in the 0-10 cm layer. The microbiological activity is affected by the method of soil cultivation. Thus, in the 0-10 cm layer with no-till cultivation this indicator is maximum (39%), 24% higher than with plowing, and 16.9% higher than with chisel plowing once every 4 years in crop rotation under lupine. The most promising system of primary soil cultivation in terms of humus conservation and reproduction is the non-moldboard system of primary soil cultivation. With this method, a smaller decrease in humus of gray forest soil was revealed over 8 years (by 0.25 and 0.41%); with moldboard cultivation, the decrease was 0.50 and 0.80%. The degree of humification of organic matter in grain crop rotation has significantly decreased over the years of research to 22.1% with no-till cultivation and to 18.4% with moldboard plowing. Humus of gray forest soil before the experiment was of the humate type, under all soil cultivation systems. After 8 years in grain crop rotation with lupine, without any plowing of lupine for green manure, the humus type changed to humate-fulvate, during moldboard tillage of soil with a ratio of $C_{hum.acids}:C_{fulv.acids}$ within 1-05. And for the fulvate-humate type with no-till soil cultivation, with a ratio of $C_{hum.acids}:C_{fulv.acids}$ within 1-2.

Keywords: fertility indicators, crop rotation, methods of primary soil cultivation, biological activity, lupine.

Введение

Обработка почвы – ключевой элемент технологии возделывания сельскохозяйственных культур, непосредственно влияющий на все факторы почвенного плодородия и биологические процессы, происходящие в почве. Активность этих процессов определяется агрофизическими условиями, создаваемыми обработкой почвы [1, 2, 3]

В современных условиях ведения хозяйства остро назревает необходимость поиска путей регулирования запасов и режима органического вещества и вариантов накопления биологического азота агроэкосистемой за счет воспроизводимых биогенных ресурсов [4, 5]. Органическое вещество агрофитоценозов в основном формируется из пожнивно-корневых, растительных остатков, соломы и других биогенных ресурсов, которые, попадая в почву, подвергаются сложным процессам трансформации под действием комплекса микроорганизмов, участвующих в биохимических превращениях и биологическом круговороте химических элементов, а в последующем и веществ [6]. Поскольку степень активности микроорганизмов напрямую зависит от наличия в почве доступного азота, фосфора и других элементов, можно считать, что изменение их содержания в почве отражает напряженность хода микробиологических процессов вообще. Способность почвы обеспечивать растения необходимыми питательными веществами и минералами, а также оптимальный воздушный и водный режимы, определяется многими показателями. Это содержание гумуса, ферментативная активность, интенсивность дыхания и состав микрофлоры. При выращивании сельскохозяйственных культур в севообороте должны создаваться благоприятные почвенные условия для проявления их биопродуктивности [7, 8].

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на базе стационарного опыта ВНИИ люпина, на серой лесной легкосуглинистой почве, в Брянском регионе юго-запада Нечерноземной зоны России.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя до закладки опыта: pH_{KCl} – 5.8-6.0; содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) 275-285, калия (по Масловой) 211-224 мг/кг почвы, органического вещества 3,1-3,3%.

Схема севооборота: озимая пшеница – овес – озимая тритикале – люпин.

Приемы основной обработки почвы в севообороте:

1. Отвальная вспашка на 20-22 см отвальным плугом ПЛН-5 – 35.

2. Безотвальная вспашка 1 раз в 4 года под люпин на 35 см., глубокорыхлителем Dondi – 807, отвальная вспашка на 20-22 см – под зерновые культуры отвальным плугом ПЛН-5 – 35.

3. Безотвальна обработка – безотвальное рыхление на 16 см., стерневым культиватором Лидер – 8.

4. Безотвальная вспашка 1 раз в 4 года под люпин на 35 см., глубокорыхлителем Dondi – 807, безотвальная обработка – безотвальное рыхление на 16 см – под зерновые культуры стерневым культиватором Лидер – 8.

Предпосевная обработка почвы проводится по всем культурам и вариантам и включает: 1-ая культивация КШУ 12 01 (8-12 см), 2-ая культивация КШУ 12 01 (6-8 см), прикатывание и выравнивание почвы АКШ – 7,2.

Система удобрений по всем вариантам опыта применялась общим фоном, в частности по культурам представлена: озимая пшеница – $N_{90}P_{60}K_{60}$, овес – $N_{60}P_{60}K_{60}$, озимая тритикале – $N_{90}P_{60}K_{60}$, люпин белый – без удобрений. Система защиты – согласно списку разрешенных препаратов на территории Российской Федерации.

Опыт заложен в границах одного земельного участка, развернут четырьмя полями в пространстве и во времени. Площадь делянки – 960 м². Повторность в опыте – трехкратная.

В севообороте возделывались белый люпин Мичуринский, овес Памяти Балавина, озимая пшеница Московская 39, озимая тритикале Легион.

Результаты и их обсуждение

Наиболее интенсивная микробиологическая активность почвы наблюдалась при всех вариантах опыта в слое 0-10 см, это объясняется тем, что основная масса органического вещества находится в этом слое, а также в нем лучшая аэрация (целлюлозоразлагающие бактерии являются аэробами) (табл. 1).

На микробиологическую активность почвы влияет и способ обработки почвы; так, в слое 0-10 см при безотвальной обработке данный показатель максимальный (39%), на 24% выше, чем при вспашке и на 16,9% выше, чем при чизелевании раз в 4 года в севообороте под люпин.

Биологическая активность почв определяется косвенно по выделению CO₂ почвой. Твердая фаза почвы обладает способностью поглощать O₂ и одновременно выделять CO₂, тем самым влияя на состав почвенного воздуха. На делянках с безотвальным рыхлением наблюдалось более интенсивное дыхание по всем культурам севооборота (от 127,7 до 435,6 мг/м²*час). При традиционной вспашке эмиссия CO₂ была минимальной, что косвенно указывает на снижение биологической активности при данном способе обработки почвы (табл. 2).

Таблица 1

Степень разложения естественных источников целлюлозы на разных глубинах почвенного профиля при разных способах основной обработки почвы, 2020-2023 гг.

Вариант	Степень распада, % (при вегетации)			
	0-10 см	10-20 см	20-30 см	30-40 см
Отвальная вспашка	15,0	12,9	3,0	2,7
Безотвальная вспашка под люпин; отвальная вспашка остальные культуры	22,1	15,2	6,8	4,3
Безотвальная обработка	39,0	21,2	14,5	12,2
Безотвальная вспашка под люпин; безотвальная обработка под остальные культуры	26,7	18,4	8,9	5,0

Основное звено в совокупности биологических приемов, обеспечивающих сохранение плодородия почв, принадлежит катализаторам биохимических реакций - ферментам. Определение активности инвертазы показало, что средняя активность в слое почвы 0-20 см была наибольшей при безотвальных обработках почвы – 5,16 и 5,23 мг глюкозы/г*сутки

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 3 (55) 2025 г.
(табл. 3). Снижение количества инвертазы при отвальной вспашке свидетельствует о более быстрых темпах минерализации органического вещества.

Каталаза синтезируется практически всеми микроорганизмами, поэтому наблюдается повышенная активность фермента на всех вариантах опыта, что является свидетельством напряженности энергетических процессов в почве. Между вариантами обработки почвы наблюдается тенденция к увеличению ее активности при мелких безотвальных обработках (0,84, 0,87 мл О₂/г*мин), что свидетельствует о снижении накопления токсичных перекисных соединений водорода, угнетающих жизнедеятельность ризосферных микроорганизмов.

Таблица 2

Скорость эмиссии углекислого газа при разных способах основной обработки почвы, мг/м²*час, 2020-2023 гг.

Поле	Эмиссия СО ₂ , мг/м ² *час (при вегетации)			
	Отвальная вспашка	Отвальная вспашка + безотвальное глубокое рыхление под люпин	Безотвальная обработка	Безотвальная обработка + безотвальное глубокое рыхление под люпин
Люпин белый	466,5	435,6	373,3	299,6
Овес	206,3	127,7	186,7	191,6
Озимая тритикале	157,0	211,2	230,8	221,0
Озимая пшеница	103,1	240,2	260,3	186,7
Среднее значение	233,2	253,7	262,8	224,7

Уреаза участвует в реакциях белкового синтеза, в частности гидролиза мочевины. Выявлено снижение активности этого фермента (3,25 мг NH₃/10 г*сутки) под воздействием вспашки, так как он поступает в почву с растительными остатками. При отвальной обработке вследствие перемещения растительных остатков в нижележащие слои и происходит снижение активности. Тогда как при безотвальной обработке активность составляет максимум (4,94мг NH₃/10 г*сутки).

Сохранение потенциального плодородия в значительной степени зависит от содержания и качественного состава гумуса, так как в нем сосредоточены основные запасы азота и фосфора почвы. Наиболее перспективной системой основной обработки почвы с точки зрения сохранения гумуса является безотвальная система обработки почвы в севообороте (табл. 4). При данном способе выявлено меньшее снижение гумуса серой лесной почвы за ротацию 0,25 и 0,41%, при отвальных обработках снижение составило 0,50 и 0,8%.

Таблица 3

Средняя активность почвенных ферментов при разных способах основной обработки почвы, 2020-2023 гг.

Варианты	Средняя активность почвенного фермента (слой 0-20 см)		
	Инвертаза, мг глюкозы/г*сутки	Каталаза, мл. О ₂ /г*мин	Уреаза, мг NH ₃ /10 г*сутки
Отвальная вспашка	4,32	0,61	3,25
Безотвальная вспашка под люпин; отвальная вспашка зерновые культуры	4,68	0,77	4,10
Безотвальная обработка	5,23	0,87	4,94
Безотвальная вспашка под люпин; безотвальная обработка под зерновые культуры	5,21	0,84	4,34

Известно, сам гумус состоит из двух основных отличающихся по скорости круговорота фаз. Это «стационарный» углерод, содержание которого зависит от генезиса породы почвы и «подвижный» претерпевающий изменение в результате сельскохозяйственной деятельности, определяя те или иные трансформационные процессы гумусового горизонта. В 2014 году, гумус серой лесной почвы на стационарном опыте имел фульватно-гуматный тип, при всех системах обработки почвы с достаточно высокой степенью гумификации органического вещества от 27,6 до 28,6%.

Таблица 4

Содержание фракций гумуса пахотного слоя серой лесной почвы в четырехпольном севообороте с люпином при разных способах основной обработки почвы, 2014-2022 гг.

Показатели	Отвальная вспашка	Безотвальная вспашка под люпин; отвальная вспашка зерновые культуры	Безотвальная обработка	Безотвальная вспашка под люпин; безотвальная обработка под зерновые культуры
Озимая пшеница – овес – озимая тритикале – люпин				
Гумус* %	<u>2,96</u> 2,16	<u>2,85</u> 2,33	<u>2,93</u> 2,52	<u>2,79</u> 2,54
Гуминовые кислоты (ГК)*	<u>27,8</u> 18,4	<u>28,0</u> 22,1	<u>28,6</u> 24,6	<u>27,6</u> 24,9
Фульвокислоты (ФК)	<u>12,6</u> 25,8	<u>12,8</u> 21,7	<u>12,7</u> 15,9	<u>13,0</u> 15,1
Гумин	<u>59,6</u> 55,8	<u>59,2</u> 56,2	<u>58,7</u> 59,5	<u>59,4</u> 60,0

* в числителе данные до закладки опыта, в знаменателе за вторую ротацию

За годы исследований, в составе гумуса произошли наряду с количественными изменениями и качественные. Степень гумификации органического вещества в севообороте с люпином на зерновые цели, заметно снизилась – до 22,1% при безотвальных обработках и до 18,4 при отвальной вспашке. Тип гумуса поменялся на фульватно-гуматный, где соотношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ приближается к 1,2 при безотвальной основной обработке почвы. И гуматно-фульватный тип с соотношением гуминовых и фульвокислот от 0,7 до 0,8 при отвальных обработках.

Заключение

Таким образом, наиболее интенсивная микробиологическая активность почвы наблюдалась во всех вариантах опыта в слое 0-10 см. На микробиологическую активность влияет способ основной обработки почвы. В слое 0-10 см при безотвальной обработке активность микроорганизмов максимальная – 39%, что на 24% выше, чем при вспашке и на 16,9% выше, чем при чизелевании раз в 4 года в севообороте под люпин. Наиболее приемлемой системой основной обработки почвы в зерновом севообороте с люпином, с точки зрения сохранения гумуса, является безотвальная система.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FGGW-2025-0004 «Усовершенствовать агротехнические и технологические параметры ресурсосберегающих систем кормопроизводства лесной зоны для животноводческих хозяйств различных организационных форм на основе рационального использования почвенно-климатических и растительных ресурсов, интенсивных технологий с использованием нового поколения сортов и гибридов, удобрений, средств защиты и технических средств, обеспечивающих производство высококачественных кормов, воспроизводство почвенного плодородия и экологическую безопасность окружающей среды».

Литература

1. Попова В.И., Чудинов В.А., Болдышева Е.П., Бекмагамбетов А.И. Накопление растительных остатков и биологическая активность обыкновенных черноземов при ресурсосберегающей технологии. // Вестник Омского ГАУ. – 2020. – № 2(38). – С. 89-99.
2. Скороходов В.Ю., Максютлов Н.А., Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Зенкова Н. А. Уровень биологической активности пахотного слоя в двухпольных севооборотах и бессменных посевах в зависимости от плодородия и влажности почвы на черноземах южных Оренбургского Предуралья. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (82). – С. 38-43.
3. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Биологическая активность темно-серой лесной почвы и урожайность ячменя в зависимости от различных систем основной обработки. // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 7. – С. 3-11. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-3-11.
4. Эседулаев С.Т., Мельцаев И.Г. Биологизированные севообороты – основной фактор повышения плодородия дерново-подзолистых почв и продуктивности пашни в Верхневолжье. // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 11 (109). – С. 18-26. DOI: 10.32417/article_5dcd861e3d2300/42959538.
5. Просыанников Е.В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – № 5. – С. 13-16. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10068
6. Орлова О.В. Состав и функционирование микробного сообщества при разложении соломы злаковых культур в дерново-подзолистой почве. // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – № 50(3). – С. 305-314. 120.
7. Гурин А.Г., Чадаев И.М. Роль бобовых предшественников в повышении биологической активности серой лесной почвы. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 1 (29). – С. 21-25.
8. Новиков В.М. Влияние агротехнических приемов и погодных условий на биологическую активность темно-серой лесной почвы при возделывании зернобобовых и крупяных культур. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 4 (20). – С. 116-120.

References

1. Popova V.I., Chudinov V.A., Boldysheva E.P., Bekmagambetov A. I. Accumulation of plant residues and biological activity of ordinary chernozems with resource-saving technology. *Vestnik Omskogo GAU*, 2020, no 2(38), pp. 89-99. (In Russian)
2. Skorohodov V.Yu., Maksyutov N.A., Mitrofanov D. V., Kaftan Yu. V., Zenkova N. A. The level of biological activity of the arable layer in two-field crop rotations and permanent crops depending on the fertility and moisture of the soil on the southern chernozems of the Orenburg Cis-Urals. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, no 2(82), pp. 38-43. (In Russian)
3. Perfil'ev N.V., V'yushina O.A. Biological activity of dark gray forest soil and barley yield depending on different primary tillage systems. *Vestnik KrasGAU*. 2023, no 7, pp. 3-11. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-3-11. (In Russian)
4. Esedulaev S.T., Mel'caev I.G. Biologized crop rotations are the main factor in increasing the fertility of sod-podzolic soils and the productivity of arable land in the Upper Volga region. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2019, no 11(109), pp. 18-26. DOI:10.32417/article_5dcd861e3d2300/42959538. (In Russian)
5. Prosyannikov E.V. Agrochemical aspects of sustainable agriculture. *Sel'skoho-zyajstvennaya biologiya*, 2019, no.5, pp. 13-16. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10068 (In Russian)
6. Orlova O.V. Composition and functioning of the microbial community during the decomposition of cereal straw in sod-podzolic soil. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2015, no 50(3), pp. 305-314. (In Russian)
7. Gurin A.G., Chadaev I.M. The role of legume precursors in increasing the biological activity of gray forest soil. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2019, no 1(29), pp. 21-25. (In Russian)
8. Novikov V.M. The influence of agrotechnical methods and weather conditions on the biological activity of dark gray forest soil during the cultivation of legumes and groat crops. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no 4 (20), pp. 116-120. (In Russian)