

УДК 631.46:631.872
AGRIS F04

https://doi.org/10.33619/2414-2948/58/11

ВЛИЯНИЕ СОЛОМЫ ЛЮПИНА НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

©*Русакова И. В.*, ORCID: 0000-0002-5085-0578, SPIN-код: 6260-5923, канд. биол. наук,
Верхневолжский федеральный аграрный научный центр,
г. Владимир, Россия, rusakova.iv@yandex.ru

EFFECT OF LUPINE STRAW ON POTATO YIELD AND BIOLOGICAL STATE OF SODDY-PODZOLIC SOIL

©*Rusakova I.*, ORCID: 0000-0002-5085-0578, SPIN-code: 6260-5923, Ph.D.,
Upper Volga Federal Agrarian Research Center, Vladimir, Russia, rusakova.iv@yandex.ru

Аннотация. Послеуборочные растительные остатки, в основном солома злаковых и бобовых культур, являются важнейшим биоресурсом для воспроизводства почвенного плодородия. Однако данные об их эффективности, влиянии на биологические свойства почвы в научной литературе не однозначны и противоречивы. Весьма немногочисленны многолетние экспериментальные данные и результаты длительных опытов по исследованию эффективности послеуборочных остатков различных культур. Достаточно хорошо изучена роль люпина как сидерата для повышения продуктивности картофеля, однако же данные о влиянии соломы люпина, выращиваемого на зерно, на урожайность картофеля практически отсутствуют. Исследованиями в длительном полевом опыте установлено, что заделка в почву соломы люпина (на фоне предшествующего многолетнего внесения соломы зерновых и зернобобовых культур зернопропашного севооборота) как в комбинации с минеральными удобрениями, так и в чистом виде, обеспечило увеличение численности эколого-трофических групп микроорганизмов, микробной биомассы, нитрификационной активности дерново-подзолистой почвы. Активизация микробной деятельности, увеличивая обеспеченность растений доступными питательными элементами, способствовала росту урожайности картофеля, а также повышению содержания витамина С и крахмалистости клубней. Отмечена тесная корреляционная связь урожайности картофеля с определяемыми микробиологическими показателями ($r = 0,62-0,87$), что свидетельствует о том, что общий уровень биогенности дерново-подзолистой почвы, регулируемый внесением соломы зерновых и зернобобовых культур, в значительной степени почвы определяет уровень ее эффективного плодородия и продуктивности культур.

Abstract. Post-harvest plant residues, mainly straw of cereals and legumes, are the most important readily available biological resource for the reproduction of soil fertility. However, the data on their effectiveness and influence on the biological properties of the soil in the scientific literature are not unambiguous and contradictory. The results of long-term experiments on the study of the effectiveness of post-harvest residues of various crops are very few. The role of lupine as a green manure for increasing the productivity of potatoes is well studied, however, there are practically no data on the effect of lupine straw grown for grain on potato productivity. Studies in a long-term field experiment have established that the incorporation of lupine straw into the soil (against the background of the previous long-term introduction of straw of grain and leguminous crops of grain-tilled crop rotation), both in combination with mineral fertilizers and in pure form,

contributed to an increase in the number of ecological-trophic groups of microorganisms, microbial biomass, nitrification activity of soddy-podzolic soil. The activation of microbial activity, increasing the supply of plants with available nutrients, promoted an increase in potato productivity, as well as an increase in the content of vitamin C and starchiness of tubers. A close correlation was noted between potato yield and determined microbiological parameters ($r = 0.62-0.87$), which indicates that the general level of biogenicity of soddy-podzolic soil, regulated by the introduction of straw of grain and leguminous crops, largely determines the level of its effective fertility and crop productivity.

Ключевые слова: солома люпина, биологические свойства, дерново-подзолистая почва, урожайность картофеля.

Keywords: lupine straw, biological properties, soddy-podzolic soil, potato yield.

Введение

В современной земледелии приоритетными становятся требования биологизации и экологизации применения удобрений, предусматривающие интенсификацию использования биологических источников воспроизводства почвенного плодородия, в первую очередь биоресурсов агроценозов. Одним из существенных, легко возобновляемых биоресурсов являются послеуборочные остатки сельскохозяйственных культур, в структуре которых более 80 % составляет солома зерновых и зернобобовых культур. По мнению многих исследователей, растительные остатки являются ключом к устойчивому производству продукции растениеводства и к сохранению биосферы [1]. Вовлекаясь в циклы биологического круговорота, растительные остатки выполняют многие важнейшие экосистемные функции: являются трофическим и энергетическим источником для почвенной биоты, обеспечивают введение в биологический круговорот дополнительных питательных веществ и углерода, улучшение качества почвы, воды и воздуха, повышение продуктивности и агрономической прибыльности, снижение рисков эрозии, потерь питательных веществ.

Ежегодно аккумулируемое в растительных остатках количество питательных веществ (NPK) сопоставимо с объемами применения минеральных удобрений [2–3]. Их систематическое удаление имеет весьма значительные отрицательные последствия для плодородия почв: ухудшаются физические, биологические и химические свойства, в результате снижается производительная способность почв и урожайность культур [4].

В России имеющиеся ресурсы соломы значительно превышают объемы ее реального фактического применения, т.е. существуют потенциальные возможности увеличения масштабов объемов ее использования в качестве удобрения без удаления с поля, что является наиболее экологически и экономически целесообразным способом утилизации отходов растениеводства. За счет возврата растительных остатков можно в значительной мере компенсировать восполнить вынос из почвы элементов питания. Так с соломой зерновых культур можно вернуть в почву 50–90 кг/га NPK, 20–26% азота, 21–34% фосфора, 60–74% калия от общего выноса урожая [5].

Все более актуальным становится изучение биологических процессов в почве с точки зрения их вклада в плодородие почвы и продуктивность культур. Послеуборочные растительные остатки являются прямым источником легкодоступного углерода и азота для микробной деятельности, поэтому дополнительное их поступление в пахотный слой может в значительной степени оказать влияние на численность, биомассу и активность почвенного

микробного сообщества. В научной литературе имеются данные, на основе которых снижение плодородия пахотных почв объясняется нарушениями в деятельности микроорганизмов, обусловленными низким поступлением растительного вещества [6].

В настоящее время экспериментальные данные по влиянию соломы на биологические свойства почв получены в основном в краткосрочных опытах с однократным внесением соломы, не всегда однозначны, поэтому не позволяют дать более или менее полную оценку влияния растительных остатков на биологическое состояние почв. Для более полного понимания влияния соломы на микробное сообщество и использования этих знаний для разработки эффективных методов ее использования полезны данные длительных полевых опытов. Анализ научной литературы показал, что данные об эффективности соломы люпина практически отсутствуют.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в длительном полевом опыте по изучению эффективности систематического внесения соломы зерновых и зернобобовых культур, заложенном в 1996–1997 гг. на опытном поле Всероссийского НИИ органических удобрений и торфа в 5-польном зернопропашном севообороте: озимая пшеница, люпин однолетний (на зерно), картофель, ячмень, однолетние травы (люпин+овес). Почва — дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренным суглинком, до закладки опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: pH_{KCl} — 4,9; подвижный фосфор — 122, обменный калий — 93 мг/кг почвы; $C_{орг}$ — 0,68–0,70%. Опыт заложен в 2 полях с 4-х кратной повторностью в пространстве, площадь делянок 42–47 м².

Схема опыта включает варианты с внесением минеральных удобрений ежегодно перед посевом культур (среднегодовая доза $N_{54}P_{51}K_{57}$), соломы озимой пшеницы, люпина и ячменя (осенью после уборки культур по 3 т/га), а также сочетанием соломы и минеральных удобрений. Солома измельчается во время уборки зерна комбайном САМПО-500 с измельчителем, равномерно распределяется по площади делянок согласно схеме опыта, заделывается в верхний 0–8 (10) см слой тяжелой дисковой бороной, через 3–4 недели производится вспашка. Суммарно за одну ротацию севооборота в пахотный слой почвы поступает 9 т/га соломы зерновых и зернобобовых культур (в ср. 1,8 т/га в год).

Исследования проводили в 4-ой ротации севооборота, в годы возделывания картофеля (*Solanum tuberosum*) сорт Скарб (2014–2015 гг.), под который была внесена солома предшественника — люпина (*Lupinus angustifolius* L.) в дозе 3 т/га согласно схеме опыта. Для проведения данного исследования были выбраны следующие варианты опыта:

1. Без удобрений (контроль);
2. $N_{90}P_{90}K_{120}$ -фон;
3. Фон + солома люпина 3 т/га;
4. Солома люпина 3 т/га.

Виды и дозы удобрений указаны для картофеля.

Образцы почвы отбирали тростевым буром (0–20 см), готовили смешанные образцы из 20–30 индивидуальных проб с каждой делянки. Микробиологические анализы выполняли в свежих образцах в день отбора почвенных проб, с пересчетом данных на сухую почву, нитрифицирующую способность — в воздушно-сухих. Анализы почвенных и растительных образцов выполняли в 2–4-х кратной повторности.

Биологическое состояние почвы полевого опыта оценивали по комплексу показателей. Численность микроорганизмов учитывали на соответствующих питательных средах:

–аммонифицирующих — на мясо-пептонном агаре (МПА);
–амилолитических — на крахмало-аммиачном агаре (КАА);
–целлюлозолитических на среде Гетчинсона;
–нитрифицирующих — на водном агаре с аммонийно-магниево-фосфорнокислой солью;
–олиготрофных — на голодном агаре (ГА) [7];
–содержание микробной биомассы (Смик) определяли методом регидратации-экстракции [8];
–нитрифицирующую способность почвы — по методу Кравкова.

Содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) и крахмала в клубнях картофеля определяли по методикам, изложенным в работе [9].

Коэффициенты олиготрофности (Колигт), рассчитывали как соотношение численности микроорганизмов на ГА и МПА [7]; коэффициент минерализации (K_m) — как соотношение численности амилолитических и аммонифицирующих микроорганизмов — КАА/МПА.

Для обобщающей оценки биологического состояния почвы рассчитывали интегральный показатель суммарной биологической активности (СБА) с использованием метода относительных величин: численность каждой группы микроорганизмов выражали в процентах, за 100% принимали наибольший показатель. Суммировали относительные значения по каждому варианту и рассчитывали значение показателя СБА относительно варианта без удобрений, который принимали за 100%.

Статистическая обработка данных проведена в программе STAT.EXE (Всероссийского НИИ удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова) методом однофакторного дисперсионного анализа с вычислением значений НСР (наименьшего существенного различия) и использованием критерия Фишера для оценки существенности разности между средними.

Результаты и обсуждение

Микробные сообщества играют важную роль в сельскохозяйственных системах благодаря их участию во многих почвенных процессах и функциях. В почвах микробные сообщества являются агентами трансформации органических веществ и способствуют высвобождению питательных веществ, а также прямо или косвенно участвуют во многих других экосистемных функциях, поэтому плодородие почвы напрямую связано с гетеротрофной активностью почвенных микробов [10]. В агрогеоценозах основным доступным энергетическим материалом, источником углерода и биогенных элементов для почвенной микрофлоры служат растительные остатки, которые являются одним из существенных факторов, регулирующих микробиологическую деятельность в почвах [5, 11].

Проведенными в полевом опыте исследованиями установлено, что внесение минеральных удобрений способствовало росту в почве численности всех групп микроорганизмов по сравнению с неудобренным вариантом, наиболее заметно — в 1,33 раза — увеличилась численность нитрификаторов. За счет внесения соломы в варианте «Фон + солома люпина» численность аммонифицирующих микроорганизмов увеличилась в 1,4 раза, амилолитических — в 1,16, целлюлозоразлагающих — в 2,04, олиготрофов — в 1,1, нитрифицирующих — в 1,59 раза по отношению к фону минеральных удобрений. Внесение соломы люпина без минеральных удобрений также создало благоприятные условия для роста почвенных микроорганизмов, в наибольшей степени аммонифицирующих и целлюлозоразлагающих, и сопровождалось увеличением численности этих групп

микроорганизмов относительно контроля без удобрений в 1,72 и 2,11 раза, соответственно (Таблица 1).

Следует отметить, что внесение в почву свежего органического вещества способствовало увеличению численности не только зимогенной, но и олиготрофной группы, однако коэффициент олиготрофности, показывающий долю их по отношению к аммонифицирующим микроорганизмам, в этих вариантах был ниже за счет относительно более высокой численности микроорганизмов на среде МПА, активно растущих при обогащении почвы доступным органическим веществом. В исследованиях [12] поступление в почву органического вещества с растительными остатками (озимой пшеницы, кукурузы, гороха) также стимулировало жизнедеятельность как зимогенной, так и автохтонной микрофлоры.

Таблица 1.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ
 ПОСЛЕ ЗАДЕЛКИ СОЛОМЫ ЛЮПИНА ПОД КАРТОФЕЛЬ

Вариант	Численность микроорганизмов, млн КОЕ/г почвы					СБА, %	K _{мин}
	Аммонифицирующих	Амилотических	Целлюлозо-разлагающих	Олиготрофных	Нитрифицирующих		
1. Без удобрений	5688	8873	32,2	6600	5,2	100	1,56
2. NPK -фон	7344	10486	36	7564	6,9	128	1,43
3. Фон+солома люпина	10854	12174	73,4	9094	11	183	1,12
4. Солома люпина	9790	10725	67,9	9315	11,7	168	1,1

Коэффициенты минерализации наиболее высокими — 1,56 и 1,43 — были в вариантах «Без удобрений» и «Фон NPK», обедненных свежим органическим веществом. В вариантах с заделкой соломы люпина этот коэффициент заметно снизился за счет более высоких показателей численности аммонификаторов. По данным [13], с увеличением количества заделываемой соломы, независимо от внесения минерального азота увеличивалось отношение аммонифицирующих микроорганизмов к ассимилирующим минеральный азот и снижался коэффициент минерализации.

Суммарная биологическая активность, понимаемая как кумулятивный результат сопряженно протекающих биологических процессов, в большинстве случаев более чувствительно и достоверно, чем численность той или иной группы микроорганизмов, отражает экологическое состояние почвы и степень воздействия какого-либо фактора. Анализ величины этого показателя в опыте наглядно свидетельствует, что внесение соломы люпина (на фоне предшествующей многолетней заделки соломы культур севооборота) оказало существенное влияние на биологическое состояние пахотного слоя. Так максимальная величина СБА отмечена в варианте «NPK + солома люпина», составившая 183%, что в 1,42 раза выше по сравнению с вариантом «NPK». Этим показателем подтверждается также высокая биологическая активность в варианте с регулярной заделкой соломы без минеральных удобрений. Индекс СБА, составивший здесь 168%, превышал вариант с минеральными удобрениями в 1,3 раза (Таблица 1).

Влияние изучаемых в опыте факторов заметно проявилось также на таком показателе биологического состояния почвы как нитрификационная способность, которая отражает актуальную биологическую активность почвы и интенсивность текущей минерализации

органического вещества. Метод определения нитрификационной способности признается наиболее достоверным способом определения потенциальной возможности почвы обеспечить растения азотом. Согласно полученным данным, заделка соломы люпина, характеризующейся высоким содержанием белковых соединений и азота, способствовала существенному увеличению нитрификационной способности пахотного слоя в 1,6–1,8 раза по сравнению с вариантами без ее внесения, а значит и обеспеченности нитратным азотом и оптимизации азотного питания растений картофеля (Рисунок 1).

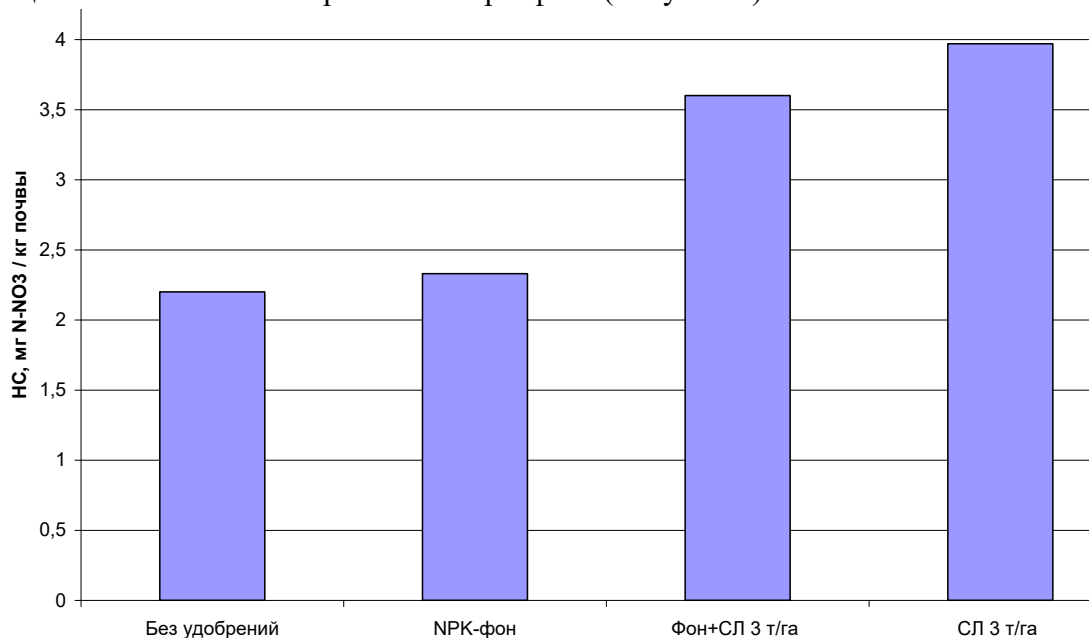


Рисунок 1. Нитрификационная способность пахотного слоя дерново-подзолистой почвы после внесения соломы люпина под картофель.

Микробная биомасса представляет собой часть органического вещества почвы, состоящую из живых микроорганизмов. Это наиболее важная и лабильная фракция органического вещества почвы, активно участвующая в круговороте и питательных веществ [14]. Как правило более высокими показателями запасов микробной биомассы характеризуются высокоплодородные почвы с хорошей обеспеченностью биологически доступным органическим веществом.

Анализ динамики $S_{\text{мик}}$ в данном исследовании в течение вегетационного сезона наглядно демонстрирует более высокий уровень содержания микробной биомассы во все сроки отбора образцов в вариантах, где была внесена солома люпина как в сочетании с минеральными удобрениями, так и без них. В среднем, вариант с комбинированным применением минеральных удобрений и соломы превосходил по уровню $S_{\text{мик}}$ вариант «NPK» в 1,3 раза. Внесение соломы в чистом виде без минеральных добавок обеспечило уровень содержания $S_{\text{мик}}$ в ср. на 20 % выше, чем в контроле без удобрений. Самые низкие значения $S_{\text{мик}}$ в течение всего вегетационного периода отмечены в вариантах «Без удобрений» и «NPK», в среднем составившие 316 и 338 мг/кг (Рисунок 2).

Полученные данные согласуются с результатами других исследователей, в которых также отмечено значительное увеличение микробной массы при внесении соломы с полным минеральным удобрением [15]. В исследованиях J. Černý и др. [16] содержание $S_{\text{мик}}$ в варианте «Солома + N₁₂₀» было на 13–18% выше, чем в варианте «N₁₂₀». По данным A. Fließbach и P. Maèder [17], если минеральные удобрения вносили без добавок углерода,

они не оказывали положительного влияния на микробную биомассу, тогда как внесение соломы на фоне азота привело к увеличению $C_{\text{мик}}$ на 12% по сравнению с фоном азота.

Таким образом, изучение биологических параметров почвы в агроценозе картофеля, включающих численность эколого-трофических групп микроорганизмов и их биомассу, нитрификационную способность, показало, что многократное возвращение растительных остатков зерновых и зернобобовых культур севооборота, обеспечивая дополнительное поступление органического вещества и элементов питания, оптимизирует биологические параметры в дерново-подзолистой почве.

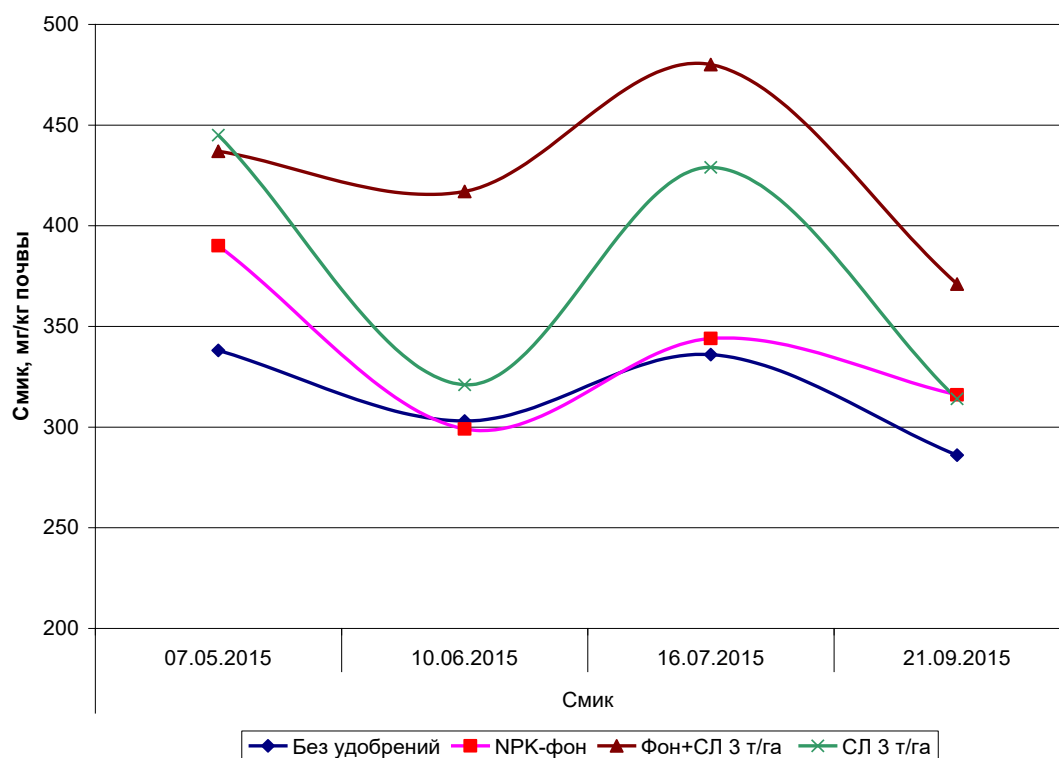


Рисунок 2. Динамика содержания $C_{\text{мик}}$ в пахотном слое дерново-подзолистой почвы в течение вегетационного периода выращивания картофеля

Заделка в почву соломы злаковых культур, особенно озимой ржи, озимой пшеницы с широким соотношением С:N, часто вызывает снижение урожайности культур из-за интенсивной иммобилизации минерального азота микроорганизмами, трансформирующими свежее органическое вещество, приводящей к ухудшению азотного режима. Солома бобовых и зернобобовых культур в отличие от соломы зерновых характеризуется более высоким содержанием азота, более узким соотношением С:N, поэтому не вызывает заметной иммобилизации минерального азота, не оказывает отрицательного влияния на рост и развитие растений и может применяться без добавок компенсирующего азота.

Ранее проведенными исследованиями установлено, что благодаря более поздним срокам сева пропашные культуры (картофель, сахарная свекла, кукуруза) не испытывают возможного депрессивного влияния внесенной соломы, т.к. к началу их активного роста как правило, начинается процесс ремобилизации азота, ранее связанного микроорганизмами, чему также способствуют междурядные почвообработки. В исследованиях [18] прибавка урожайности картофеля от использования люпиновой соломы (3 т/га) достигала 16–22 ц/га, при этом улучшались такие показатели качества урожая, как товарность клубней и содержание в них крахмала.

В соломе люпина, используемой в данном полевом эксперименте, содержалось 12 кг азота, 8 кг фосфора, 13 кг калия в расчете на 1 т. Таким образом с внесенной соломой под картофель дополнительно поступило 36, 24 и 39 кг азота, фосфора и калия, соответственно. С помощью метода изотопных индикаторов было показано, что коэффициенты использования элементов минерального питания, входящих в состав растительных остатков, обычно в 3–4 раза выше, чем из минеральных удобрений или почвенных запасов [19]. Научными исследованиями доказана прямая связь между биологической системой почвы и снабжением растений питательными веществами [20].

Минеральные удобрения обеспечили прибавку урожайности клубней в ср. за 2 года — 83 ц/га (64%). Дополнительное обогащение почвы свежим органическим веществом, легкодоступными элементами питания, поступившими в пахотный слой с соломой люпина, положительно сказалось на урожайности картофеля. Максимальная урожайность — 235 ц/га — отмечена в варианте с комбинированным внесением минеральных удобрений и соломы, прибавка по сравнению с контролем составила здесь 106 ц/га (82 %). Прибавка урожайности от соломы по отношению к фону NPK составила 23 ц/га и была статистически значимой. Заделка соломы в чистом виде, без минеральных добавок, способствовала получению прибавки урожайности картофеля 12 ц/га (Таблица 2).

Согласно полученным экспериментальным данным, использование соломы на удобрение обеспечило не только дополнительный урожай клубней картофеля, но и повышение их качества. Так, достоверно более высокое, по сравнению с контролем и фоном минеральных удобрений, содержание витамина С в клубнях зафиксировано в вариантах «Солома люпина» и «NPK+солома люпина» — 20,4% и 19,2%, соответственно. В этих вариантах отмечено также наиболее высокое содержание крахмала в клубнях картофеля — 13,6% и 13,1%, соответственно (Таблица 2).

Таблица 2.

УРОЖАЙНОСТЬ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ, СОДЕРЖАНИЕ В НИХ ВИТАМИНА С И КРАХМАЛА

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка		Содержание витамина С, мг %	Содержание крахмала, %
		ц/га	%		
1.Без удобрений	129	—	—	17,8	12,5
2.NPK-фон	212	83	64	16,2	11,9
3.Фон+солома люпина 3 т/га	235	106	82	19,2	13,1
4.Солома люпина 3 т/га НСР ₀₅	141	12	9	20,4	13,6
		13		2,2	1,4

Выявленная в данном исследовании тесная корреляционная связь между урожайностью картофеля и микробиологическими параметрами почвы ($r=0,62-0,87$), указывает на то, что повышение продуктивности этой культуры при внесении соломы люпина связано в т. ч. с оптимизацией параметров биологического состояния дерново-подзолистой почвы.

Заключение

Таким образом на основании полученных в длительном полевом опыте экспериментальных данных установлено, что заделка соломы люпина, как предшественника, в зернопропашном севообороте под картофель, является высокоэффективным способом

оптимизации биологического состояния дерново-подзолистой почвы, роста продуктивности картофеля и повышения качества клубней: содержания витамина С и крахмала.

Список литературы:

1. Delgado J. A. Crop residue is a key for sustaining maximum food production and for conservation of our biosphere // Journal of Soil and Water Conservation. 2010. V. 65. №5. P. 111A-116A. <https://doi.org/10.2489/jswc.65.5.111A>
2. Lal R. The Role of Residues Management in Sustainable Agricultural Systems // Journal of Sustainable Agriculture. 1995. V. 5. №4. P. 51-78. https://doi.org/10.1300/j064v05n04_06.
3. Grageda-Cabrera O. A., Mora M., Castellanos R. J. Z., Follet R. F., Peña-Cabriales J. J. Fertilizer nitrogen recovery under different tillage treatments and cropping sequences in a vertisol in central México // IAEA-TECDOC. Viena. 2003. V. 1354. №1. P. 39-55.
4. Blanco-Canqui H., Lal R. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality // Critical reviews in plant science. 2009. V. 28. №3. P. 139-163. <https://doi.org/10.1080/07352680902776507>
5. Русакова И. В. Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии. 2016. Иваново.
6. Паринкина О. М., Клюева Н. В., Петрова Л. Г. Биологическая активность и эффективное плодородие почв // Почвоведение. 1993. №9. С. 76-81.
7. Титова В. И., Козлов А. В. Методы оценки функционирования микробсообщества почвы, участвующего в трансформации органического вещества. Н.-Новгород, 2012.
8. Благодатский С. А., Благодатская Е. В., Горбенко А. А., Паников Н. С. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве // Почвоведение. 1987. №4. С. 71-81.
9. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
10. Lori M., Symnack S., Mäder P., De Deyn G., Gattinger A. Organic farming enhances soil microbial abundance and activity - A meta-analysis and meta-regression // PLoS One. 2017. V. 12. №7. P. e0180442. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180442>
11. Тейт Р. Ш. Органическое вещество почвы: Биологические и экологические аспекты. М: Мир. 1991. 400 с.
12. Никульников И. М., Безлер Н. В., Боронтов О. К. Влияние удобрений и зяблевой обработки чернозема выщелоченного на почвенную микрофлору и продуктивность культур севооборота // Агрохимия. 2004. №2. С. 5-12.
13. Лапинскас Э. Б., Пяулокайте-Мотузене Л. П. Влияние минерализации соломы, дозы стартового азота и инокуляции на симбиотическую азотфиксацию клевера лугового // Агрохимия. 2010. №2. С. 59-66.
14. Masto R. E., Chhonkar P. K., Singh D., Patra A. K. Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisol // Soil biology and Biochemistry. 2006. V. 38. №7. P. 1577-1582. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.11.012>
15. Пупонин А. И., Захаренко А. В. Запасы энергии в органическом веществе дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы при разных способах ее механической обработки // Почвоведение. 1998. №7. С. 820-824.
16. Černý J., Balík J., Kulháněk M., Nedvěd V. The changes in microbial biomass C and N in long-term field experiments // Plant Soil Environ. 2008. V. 54. №5. P. 212-218. <https://doi.org/10.17221/393-PSE>

17. Fließbach A., Maèder P. Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems // *Soil Biology and Biochemistry*. 2000. V. 32. №6. P. 757-768. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00197-2)
18. Русакова И. В. Ресурсосберегающие технологии использования растительных остатков // *Агротехнический вестник*. 2012. №3. С. 40-42.
19. Мишина И. Ю., Фокин А. Д. Влияние растительных остатков и гумусовых веществ на эффективное плодородие дерново-подзолистых почв // *Известия ТСХА*. 1984. №3. С. 85-92.
20. Abbott L. K., Murphy D. V. (ed.). *Soil biological fertility: a key to sustainable land use in agriculture*. Springer Science & Business Media, 2003.

References:

1. Delgado, J. A. (2010). Crop residue is a key for sustaining maximum food production and for conservation of our biosphere. *Journal of Soil and Water Conservation*, 65(5), 111A-116A. <https://doi.org/10.2489/jswc.65.5.111A>
2. Lal, R. (1995). The Role of Residues Management in Sustainable Agricultural Systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 5(4), 51-78. https://doi.org/10.1300/j064v05n04_06
3. Grageda-Cabrera, O. A., Mora, M., Castellanos, R. J. Z., Follet, R. F., & Peña-Cabriales, J. J. (2003). Fertilizer nitrogen recovery under different tillage treatments and cropping sequences in a vertisol in central México. *IAEA-TECDOC. Viena*, 1354(1), 39-55.
4. Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2009). Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical reviews in plant science*, 28(3), 139-163. <https://doi.org/10.1080/07352680902776507>
5. Rusakova, I. V. (2016). Teoreticheskie osnovy i metody upravleniya plodorodiem pochv pri ispol'zovanii rastitel'nykh ostatkov v zemledelii. Ivanovo. (in Russian).
6. Parinkina, O. M., Klyueva, N. V., & Petrova, L. G. (1993). Biologicheskaya aktivnost' i effektivnoe plodorodie pochv. *Pochvovedenie*, (9), 76-81. (in Russian).
7. Titova, V. I., & Kozlov, A. V. (2012). Metody otsenki funktsionirovaniya mikrobitsenoza pochvy, uchastvuyushchego v transformatsii organicheskogo veshchestva. N-Novgorod. (in Russian).
8. Blagodatskii, S. A., Blagodatskaya, E. V. Gorbenko, A. A., & Panikov, N. S. (1987). Regidratatsionnyi metod opredeleniya biomassy mikroorganizmov v pochve. *Pochvovedenie*, (4), 71-81. (in Russian).
9. Mineev, V. G. (2001). *Praktikum po agrokhimii*. Moscow. (in Russian).
10. Lori, M., Symnaczik, S., Mäder, P., De Deyn, G., & Gattinger, A. (2017). Organic farming enhances soil microbial abundance and activity - A meta-analysis and meta-regression. *PLoS One*, 12(7), e0180442. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180442>
11. Teit, R. Sh. (1991). *Organicheskoe veshchestvo pochvy: Biologicheskie i ekologicheskie aspekty*. Moscow. (in Russian).
12. Nikul'nikov, I. M., Bezler, N. V., & Borontov, O. K. (2004). Vliyanie udobrenii i zyablevoi obrabotki chernozema vyshchelochennogo na pochvennyuyu mikrofloru i produktivnost' kul'tur sevooborota. *Agrokhiimiya*, (2), 5-12. (in Russian).
13. Lapinskas, E. B., & Pyaulokaite-Motuzene, L. P. (2010). Vliyanie mineralizatsii solomy, dozy startovogo azota i inokulyatsii na simbioticheskuyu azotfiksatsiyu klevera lugovogo. *Agrokhiimiya*, (2), 59-66. (in Russian).

14. Masto, R. E., Chhonkar, P. K., Singh, D., & Patra, A. K. (2006). Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisol. *Soil biology and Biochemistry*, 38(7), 1577-1582. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.11.012>
15. Puponin, A. I., & Zakharenko, A. V. (1998). Zapasy energii v organicheskom veshchestve dernovo-podzolistoi srednesuglinistoi pochvy pri raznykh sposobakh ee mekhanicheskoi obrabotki. *Pochvovedenie*, (7), 820-824. (in Russian).
16. Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., & Nedvěď, V. (2008). The changes in microbial biomass C and N in long-term field experiments. *Plant Soil Environ*, 54(5), 212-218. <https://doi.org/10.17221/393-PSE>
17. Fließbach, A., & Maèder, P. (2000). Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(6), 757-768. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00197-2)
18. Rusakova, I. V. (2012). Resursosberegayushchie tekhnologii ispol'zovaniya rastitel'nykh ostatkov. *Agrokhimicheskii vestnik*, (3), 40-42. (in Russian).
19. Mishina, I. Yu., & Fokin, A. D. (1984). Vliyanie rastitel'nykh ostatkov i gumusovykh veshchestv na effektivnoe plodorodie dernovo-podzolistykh pochv. *Izvestiya TSKhA*, (3), 85-92. (in Russian).
20. Abbott, L. K., & Murphy, D. V. (Eds.). (2003). *Soil biological fertility: a key to sustainable land use in agriculture*. Springer Science & Business Media.

Работа поступила
в редакцию 16.08.2020 г.

Принята к публикации
21.08.2020 г.

Ссылка для цитирования:

Русакова И. В. Влияние соломы люпина на урожайность картофеля и биологическое состояние дерново-подзолистой почвы // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №9. С. 103-113. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/58/11>

Cite as (APA):

Rusakova, I. (2020). Effect of Lupine Straw on Potato Yield and Biological State of Soddy-Podzolic Soil. *Bulletin of Science and Practice*, 6(9), 103-113. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/58/11>