

УДК: 631.81.036: 631.872:631.467:631.875

СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В КАЧЕСТВЕ ДЕСТРУКТОРОВ ИХ ДЕРНИНЫ

В.Н. Золотарев, кандидат сельскохозяйственных наук

Г.В. Степанова, кандидат сельскохозяйственных наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

semvik@vniikormov.ru

ENVIRONMENTAL ROLE OF PERENNIAL GRASSES AND EFFICIENCY OF USE MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS AS DESTRUCTORS OF THEIR SOD

V.N. Zolotarev, Candidate of Agricultural Sciences

G.V. Stepanova, Candidate of Agricultural Sciences

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

semvik@vniikormov.ru

DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2021-4-26-45>

Наиболее доступным и экологически безопасным способом улучшения состояния почв является биологизация земледелия за счет увеличения доли многолетних трав в севооборотах. Среди бобовых трав одной из лучших культур для использования в качестве зеленого удобрения считается люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.), которая благодаря накоплению биологического азота обеспечивает сохранение и повышение содержания в почве гумуса. При долголетнем возделывании многолетних мятликовых трав на одном месте в верхнем слое почвы формируется дернина. Дернина овсяницы красной по сравнению с другими видами злаковых трав характеризуется наибольшей степенью сцепления и имеет один из самых высоких показателей усилия разрыва. При механизированной разделке поля после вспашки травостоев овсяницы красной на поверхности остается большое количество комков дернины, которые препятствуют качественной подготовке почвы и проведению посевных работ последующих в севообороте культур. Средний объем комков дернины после предпосевной подготовки почвы весной на следующий год составляет 1194 см³. Продолжительность полного разложения дернины овсяницы красной в дерново-подзолистых почвах достигает четырех лет. Одним из способов ускорения разложения и повышения коэффициента гумификации дернины, который получает распространение в последние годы в сельскохозяйственной практике, является послеуборочная инокуляция стерни микробиологическими препаратами-деструкторами. Внесение препаратов-деструкторов обеспечивает интродукцию активных штаммов микроорганизмов в дернину. В результате применения препарата Биоконкомплекс-БТУ биологическая активность микрофлоры по разложению органического вещества увеличивается в 3,3–5,1 раза. На следующий год после использования деструктора остатки дернины овсяницы красной при разделке почвы структурируются до мелких комков и не препятствуют работе посева.

ных агрегатов.

Ключевые слова: многолетние травы, люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.), дернина, микробиологические препараты-деструкторы, разложение пожнивных остатков.

The most affordable and environmentally friendly way to improve the condition of soils is the biologization of agriculture by increasing the share of perennial grasses in crop rotations. Among legumes, black medic (*Medicago lupulina* L.) is considered one of the best crops for use as a green fertilizer, which, thanks to the accumulation of biological nitrogen, ensures the preservation and increase of humus content in the soil. During the long-term cultivation of perennial bluegrass grasses, sod is formed in one place in the upper layer of the soil. The sod of red fescue (*Festuca rubra* L.) is characterized by the highest degree of adhesion compared to other types of grasses and has one of the highest rates of tearing force. During mechanized cutting of the field, after plowing the grass stands of red fescue, a large number of sod lumps remain on the surface, which prevents high-quality soil preparation and sowing operations of subsequent crops in the crop rotation. The average volume of sod lumps after pre-sowing preparation of the soil in the spring for the next year is 1194 cm³. The duration of complete decomposition of red fescue sod in sod-podzolic soils reaches four years. One of the ways to accelerate the decomposition and increase the coefficient of humification of sod, which has become widespread in recent years in agricultural practice, is post-harvest inoculation of stubble with microbiological preparations-destroyers. The introduction of preparations-destroyers ensures the introduction of active strains of microorganisms into the turf. As a result of the use of the drug Biocomplex-BTU, the biological activity of the microflora for the decomposition of organic matter increases by 3.3-5.1 times. The next year after using the destructor, the remains of the red fescue sod when cutting the soil are structured to small lumps and do not interfere with the operation of the sowing units.

Keywords: perennial grasses, black medic (*Medicago lupulina* L.), red fescue (*Festuca rubra* L.), sod, microbiological preparations-destroyers, decomposition of crop residues.

Одной из самых острых проблем в земледелии страны, наиболее существенно влияющих на продуктивность возделываемых культур, является прогрессирующее снижение плодородия почв. Главная причина этого процесса — формирование большей части урожая за счет элементов питания почвы и невосполнение их выноса удобрениями, а также деградация пашни вследствие нарушения научной системы землепользования. В сложившихся хозяйственно-экономических условиях наиболее доступным и экологически безопасным из возможных путей развития земледелия, обеспечивающих улучшение состояния почв, является направление, которое базируется на биологизации земледелия, в первую очередь увеличении доли многолетних

трав в севооборотах [1; 2]. Многолетние травы являются наиболее стабильным средством сохранения плодородия почв при интенсивном ведении земледелия, оказывающем антропогенное негативное воздействие на агроэкосистемы. Наряду с обеспечением животноводства высококачественными кормами особую роль многолетние травы играют в качестве биологического средства противодействия деградации биологических, водно-физических и агрохимических свойств почв, процессов их дегумификации и эрозии. Наиболее эффективным является возделывание бобовых видов и их смесей на основе высокопродуктивных сортов [3]. Благодаря накоплению биологического азота бобовые травы обеспечивают сохранение содержания в почве

гумуса, способствуют повышению урожайности последующих в севообороте зерновых культур до трех лет [1; 4; 5]. Среди бобовых трав одной из лучших культур для использования в качестве зеленого удобрения считается люцерна хмелевидная, что связано с ее пластичностью при взаимодействии с почвенной микрофлорой, обусловленной широкой амплитудой генетической комплементарности этой культуры с бактериями-азотфиксаторами. Согласно исследованиям, проведенным в Новгородской области, люцерна хмелевидная по накоплению азота (480 кг/га за сезон) превосходила люцерну посевную (329 кг/га) и другие бобовые травы, уступая только козлятнику восточному (550 кг/га). В почве при этом аккумулировалось за сезон 172, 118 и 196 кг/га азота в случае люцерны хмелевидной, посевной и козлятника соответственно [6]. В Московской области (ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса») использование люцерны хмелевидной сорта Мира в качестве сидерата и запахивание травостоя в фазу бутонизации обеспечило накопление в почве 10,35 т/га сухого вещества, 373 кг/га азота, 39 кг/га фосфора, 275 кг/га калия и 148 кг/га кальция [7].

При возделывании многолетних мятликовых трав, в том числе на семенные цели, в полевых севооборотах на протяжении трех–пяти лет (при двух–четырёхлетнем агротехнически и экономически обоснованном сроке использования травостоя для получения урожая семян в зависимости от вида [8–10]) ими формируется хорошо развитая дернина. При этом в разреженных семенных посевах, особенно в черезрядных и широкорядных, отдельные растения ряда злаковых

трав, как рыхло-, так и плотнокустовых видов, выражено формируют кочки. Кочки характеризуются достаточно высокой плотностью и плохо разрушаются при обработке. Вследствие этого после зяблевой вспашки пласта дернины поверхность поля имеет гребнистую и комковатую структуру, которая сохраняется и весной на следующий год. При этом даже неоднократное дискование перепаханного травостоя злаковых трав не всегда позволяет качественно разделять почву для посева и зависит от степени разложения дернины и кочек. Для их разрушения необходимо проведение фрезерования, что на больших площадях малопродуктивно и экономически затратно [10]. Кроме того, на дерново-подзолистых почвах фрезерование приводит к нарушению ее структуры и комковатости, ведущее к деградации биологических, водно-физических и агрохимических свойств. В результате этого после выпадения осадков может наблюдаться сильное уплотнение фрезерованной почвы, образование корки, что, в свою очередь, ведет к утрате микробной активности. В настоящее время почвенный покров подвергается интенсивному антропогенному воздействию, что в конечном итоге приводит к изменению структуры и функционирования микробных сообществ и, как следствие, к нарушению равновесия естественного почвообразовательного процесса и другим отрицательным процессам [11].

Опыт возделывания многолетних мятликовых трав показывает, что наиболее проблемной, с точки зрения разделения дернины, при выращивании на семена является овсяница красная в связи с формированием этой культурой

плотного, пронизанного корнями верхнего пласта и большого количества комков, образуемых отдельными кустами. Дернина овсяницы красной по сравнению с другими видами злаковых трав характеризуется наибольшей степенью сцепления и имеет один из самых высоких показателей усилия разрыва — $0,25 \text{ кг/см}^2$ [12]. В результате этого при

вспашке пласт плохо оборачивается и заделывается, а на следующий год весной после обработки дисковыми боронами и другой почвообрабатывающей техникой на поверхности почвы остается большое количество комков дернины с остатками старики кустов, что является достаточно серьезной механической помехой для посевных агрегатов (рис. 1).



Рис. 1. Поверхность поля весной на следующий год после зяблевой вспашки и обработки дисковыми боронами пласта многолетних трав на семена (2021 г.):
слева — после овсяницы красной трех лет пользования,
справа — после райграса пастбищного двух лет пользования

В динамике минерализации органического вещества растительных остатков выделяются два неравнозначных по длительности периода. Первый этап характеризуется высокой скоростью и охватывает короткий отрезок времени — начальные 2–3 месяца, в течение которых биохимическому разложению подвергаются белки и углеводы. Второй период отличается значительной протяженностью разложения растительных остатков,

от 1,5–2 до 3–4 лет, и постепенно убывающей интенсивностью распада. В это время продолжается минерализация целлюлозы, гемицеллюлозы и наиболее труднодоступных для микробиологического гидролиза компонентов — лигнина, воска, органических смол [13].

Дернина и пожнивные остатки овсяницы красной в пахотном слое дерново-подзолистой почвы медленно разлагаются, что обусловлено особенностями био-

химического состава ее надземных и подземных органов, характеризующихся высоким содержанием лигнина и целлюлозы и низким — азота, а также составом почвенного гетеротрофного микробного сообщества данного типа почв. Целлюлоза является главной составляющей растительного организма, и ее синтез по своим масштабам превосходит синтез всех других органических соединений. Сохраняющиеся в почве и возвращающиеся в нее растительные остатки на 40–70% состоят из целлюлозы [11], для полного разложения которой необходим более длительный период времени. Химический анализ показал, что в обыкновенном таволгово-красноовсянцевом травостое по сравнению с двенадцатью другими видами злаковых ценозов содержание в сене отдельных элементов было самым высоким и, в частности, достигало: клетчатки — 29,5%, золы — 8,5%, кальция — 0,75% [14]. В ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» изучено влияние на почвенное плодородие возделывания семенных травостоев овсяни-

цы красной сортов Дипа и Сигма в течение четырех лет. Минеральные удобрения не вносили. За этот период накопление пожнивных и корневых остатков у сорта Сигма достигло 607 г/м^2 , у сорта Дипа — 715 г/м^2 . Соотношение сухого вещества пожнивных и корневых остатков к сухому веществу надземной биомассы в среднем за четыре года пользования составило у сорта Сигма 149%, у сорта Дипа 140%. В запаханых органических остатках сорта Сигма содержалось 40,3% клетчатки, 1,02% азота, 0,26% фосфора, 1,44% калия, по сорту Дипа — 41,2, 1,11, 0,23 и 1,35% соответственно [15].

Вследствие этого, даже почти через два года после обработки семенного травостоя овсяницы красной одним из гербицидов сплошного действия на основе глифосата и последующих двух зяблевых вспашек, в почве остается большое количество только частично разложившихся кусков дернины с остатками старики, что препятствует качественной подготовке поля к посеву (рис. 2).



Рис. 2. Поверхность поля весной (II декада мая 2021 г.) с остатками дернины овсяницы красной двух лет использования на семена через 22 месяца после внесения глифосата и двух зяблевых вспашек: зяблевой вспашки (2019 г.), предпосевной подготовки поля и посева однолетней мешанки на зеленый корм (2020 г.) и зяблевой вспашки (2020 г.), весенней обработки дисковыми боронами (2021 г.)

Разрушение и утилизация растительных остатков в почве является одной из важнейших биогеохимических функций почвенных микроорганизмов. Почва — это огромный (до 90%) пул покоящихся, находящихся в латентном состоянии, микроорганизмов. Подавляющая часть микробной биомассы на протяжении очень длительных отрезков времени находится в состоянии глубокого анабиоза и слабо подвержена воздействию биологически активных веществ, продуцируемых ее активной группировкой. Экспериментально доказано, что длительное ежегодное применение высоких доз минеральных удобрений приводит к возрастанию токсических эффектов [16]. На активность микрофлоры токсичное влияние оказывает интенсивный уровень антропогенной нагрузки, в первую очередь — минеральные удобрения, пестициды, применение которых является обязательным агроприемом в семеноводстве трав. Существует мнение, что в результате глобальной химизации в некоторых почвах в районах широкого использования интенсивных технологий возделывания зерновых, технических, в том числе масличных культур, отдельные виды полезных бактерий и грибов находятся на грани исчезновения. Их место занимают нетипичные для почвообразовательных процессов и эффективного взаимодействия с растениями микроорганизмы. Свидетельством этого является тот факт, что перестали разлагаться запаханные пожнивные остатки, и на полях можно встретить неразложившуюся солому уборки прошлых лет, даже по прошествии трех лет [17]. Поэтому повышение биогенности почв за счет искусственной интродукции полезных

микроорганизмов микробиологических препаратов является одним из путей решения этой проблемы.

Глобальные изменения климата, его аридизация напрямую влияют на температурный и водный режимы, наряду с нарастающим негативным антропогенным воздействием на почвенную микрофлору, могут существенно изменить направленность и интенсивность биодegradации органических субстратов. В естественных условиях большая часть органических веществ пожнивных остатков, включая солому убранных культур, минерализуются до конечных продуктов (CO_2 и H_2O) и лишь 10–20% преобразуется в гумус или накапливается и сохраняется в почве в форме устойчивых к разложению соединений [18]. При этом процессы минерализации — иммобилизации азота в почве происходят одновременно. Превалирование той или иной фазы находится в зависимости от биохимического состава разлагающихся органических субстратов (C/N, содержания лигнина, полифенолов и др.) и степени обеспеченности почвы минеральным азотом. При поступлении растительных остатков в почву происходят биотические превращения почвенного азота: иммобилизация, реминерализация, минерализация. Инкорпорация в микробную биомассу через процесс иммобилизации удаляет минеральный азот из почвенного пула, доступного для растений, и является причиной снижения содержания этого элемента в почве, ухудшения азотного режима для растений, снижения их продуктивности [19].

Одним из прогрессивных способов повышения биогенности почвы и, как следствие, ускорения процесса разложе-

ния и увеличения коэффициента гумификации растительных послеуборочных остатков, который получает распространение в последние годы в сельскохозяйственной практике, может являться инокуляция их микробиологическими препаратами-деструкторами перед заделкой в почву. Это обеспечивает интродукцию активных штаммов микроорганизмов на пожнивные остатки растений и, в дальнейшем, в почву, что позволяет регулировать состав и численность микробного комплекса, конструировать почвенные фитомикробные системы в направлении ускорения разложения растительной массы [18; 20].

В настоящее время различные микробиологические препараты-деструкторы АгроМик, Агринос-1, Азолен, Баркон, Биокомплекс-БТУ, Вермистим-Д, Гуапсин, Жыцень, Микобакт, Полибакт, ПолиФунКур, Стимикс Нива, Sternifag SP, Трихофит, Экоств и другие применяют при возделывании зерновых культур, включая кукурузу, что особенно эффективно при минимальной и «нулевой» обработках почвы в технологиях посева (минимальная (Mini-till) — зяблевая обработка почвы дисковой бороной типа Discover ХМ 44660 nothad на глубину 10–12 см; нулевая обработка (No-till) — непосредственный высев сеялкой типа Sunflower 9421-20), а также при сберегающей полосной — Strip-till [17; 18; 21–25]. Обработка соломы этими препаратами устраняет фитотоксический (депрессирующий) эффект при ее использовании в качестве удобрения, положительно влияет на рост и развитие растений [18]. При этом применение микробиологических препаратов позволяет создать высокую концентрацию полез-

ных форм микроорганизмов в нужном месте и в нужное время, что обеспечивает возврат в биологический круговорот значительной части элементов питания и органического вещества растительных остатков [19]. Кроме того, применение препаратов для разложения соломы способствует проявлению гомеостаза сообщества — значимого изменения состава микроорганизмов с восстановлением до исходного [26].

Цель работы — определить химический состав сухого вещества корневых и пожнивных остатков различных видов многолетних трав и его влияние на интенсивность их деструкции; оценить эффективность применения препарата-деструктора стерни Биокомплекс-БТУ для разложения дернины и пожнивных остатков овсяницы красной.

Методика проведения исследований. Исследования проводили на опытном поле ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» на овсянице красной подвида жесткая (*Festuca rubra* subsp. *commutate* Gaudin.) сорта Дипа с использованием микробного препарата-деструктора для разложения стерни, пожнивных остатков и обработки почвы после уборки урожая Биокомплекс-БТУ на площади 2 га. В состав препарата входят грибы и высокоактивные штаммы бактерий, которые ускоряют разложение пожнивных остатков, антагонисты патогенных микроорганизмов для растений, грибов и бактерий, азотфиксирующие, фосфор- и калиймобилизирующие бактерии, живые клетки *Bacillus subtilis*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Enterococcus* и грибы *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride*, общее число жизнеспособных эффективных микроорганизмов — не менее 1,0

$\times 10^8$ КОЕ/см³. Семенной травостой овсяницы красной второго года пользования после уборки урожая семян и соломы во второй декаде июля обработали гербицидом сплошного действия на основе глифосата, ВР (360 г/л) в дозе 5 л/га. Через две недели, когда отмечалась полная гибель растений, в пасмурную погоду во второй половине дня на поле внесли препарат Биокомплекс-БТУ в дозе 1,5 л/га. Объем рабочего раствора 300 л/га воды с предварительно растворенной в нем мочевиной из расчета 15 кг/га. Сразу после обработки было произведено разнонаправленное двукратное дискование дернины и осенью — зяблевая вспашка. Целлюлозную активность почвы и препарата определяли методом аппликаций, по степени разложения льняного полотна в пахотном слое [27]. Перед закапыванием полотен в пахотный слой почвы производили их раскладывание перед проходом опрыскивателя на поверхности поля (кроме контрольных, которые закапывали на необработанном участке) в трехкратной повторности. Степень распада льняной ткани оценивали по общепринятой шкале: разложение < 10% — очень слабая активность; 10–30% — слабая; 30–50% — средняя, 50–80% — сильная, > 80% — очень сильная [28]. Периодичность экспозиции составила 30 дней в год применения препарата, а также на следующий год после перезимовки в период предпосевной подготовки почвы, или через 9 и 10 месяцев.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая с содержанием в пахотном слое 2,24% гумуса, подвижных форм фосфора 124,3 и обменного калия 111,0 мг/кг, общего

азота 0,162%, рН_{сол.} — 5,2 (слабокислая), гидролитическая кислотность — 2,02 мг-экв./100 г. Предшественник — однолетние травы на корм. Азотно-известковое удобрение вносили в два срока: N₃₀ ранней осенью (I–II декада сентября), N₄₅ весной, в начале кущения растений на травостое первого года пользования, N₆₀ на травостое второго года пользования. С учетом уровня обеспеченности почвы подвижными формами, фосфорные и калийные удобрения вносили из расчета P₆₀K₉₀ (суперфосфат простой гранулированный и хлористый калий) в допосевной период подготовки почвы. Для борьбы с сорняками использовали систему гербицидов: сплошного действия — Глифос, ВР (360 г/л глифосата к-ты) в системе основной подготовки почвы; смесь Агритокса, ВК (500 г/л МЦПА к-ты) с Лонтрелом Гранд, ВДГ (750 г/кг) в рекомендуемых дозах в фазу кущения культуры в год посева и весной на травостоях первого–второго года пользования.

Накопление пожнивных остатков и отавы после уборки основного вида продукции определяли на выделенных площадках в 1 м² в четырехкратной повторности. Внутри этих площадок вырезали по четыре монолита размером 25 × 25 см по горизонтали и 20 см по вертикали (на глубину пахотного горизонта) каждого анализируемого образца злаковых трав и люцерны хмелевидной для определения количества сухого вещества пожнивных остатков, корней и их химического состава. В случае если поле запахивали сразу после уборки урожая и отава не успела отрасти, пожнивные остатки отбирали вместе с почвенными монолитами и затем отмывали вместе с корневой

массой на двух ситах. Вначале на крупном сите с ячейками диаметром 2–4 мм отделяли крупные корни. Воду с мелкими корнями, использованную для промывки крупных корней, собирали в большую емкость (ведро). Собранную воду после промывки крупных корней взбалтывали, а затем процеживали через сито с диаметром ячеек 0,5 мм. Операцию повторяли многократно, до полной отмытки мелких корней и полуразложившихся растительных остатков от мелкозема. Отмытые от почвы растительные остатки разделяли на четыре группы: 1) пожнивные остатки, собранные и срезанные с поверхности почвы; 2) крупные корни диаметром более 1 мм; 3) тонкие корни диаметром до 1 мм; 4) мертвые, полуразложившиеся остатки. Полученные фракции растительных остатков высушивали до абсолютно-сухого вещества и взвешивали. Химический состав сухого вещества пожнивных остатков и корней определяли отдельно. В случаях, когда между уборкой урожая и запахиванием прошло много времени и успел сформироваться значительный травостой отавы, его скашивали, высушивали до абсолютно сухого вещества, взвешивали (определяли сбор сухого вещества) и проводили химический анализ сухого вещества с целью определения накопления питательных вещества в отаве (Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха : справочное пособие. М. : Агропромиздат, 1991. С. 39–41.)

Результаты исследований и их обсуждение. Запахивание пожнивных остатков после окончания использования травостоя улучшает структуру почвы,

повышает ее плодородие, готовит поле для посева новой сельскохозяйственной культуры. Средообразующие свойства пожнивных остатков зависят от многих факторов: вида и сорта запахиваемой культуры, продолжительности ее использования, количества накопившегося в почве и надземной поверхности сухого вещества, продолжительности периода от уборки до запашки, интенсивности послеуборочного отрастания и др. Как было сказано выше, бобовые травы являются лучшими для использования в качестве зеленого удобрения.

Люцерну хмелевидную сорта Мира выращивали для получения семян. Семена обмолотили 21 июля 2019 года, в течение недели убрали солому с делянок, 1–3 августа началось отрастание отавы, и к моменту запашки пожнивных остатков (08.09.2019) сформировался травостой высотой до 14–17 см. Растения люцерны были в фазе розетки. Стерня срезанного семенного травостоя высохла, частично начала разлагаться, ее количество в составе зеленой массы отавы не превышало 12–15%, поэтому содержание сырой клетчатки в сухом веществе отавы было низким (14,32%), азота — высоким (4,43%). Следует также отметить повышенное содержание кальция (0,56%) и калия (1,86%) в надземной части травостоя (табл. 1).

В сентябре 2019 г. не все делянки были запаханы, три делянки оставили для выявления растений в составе популяции сорта Мира, способных пережить две зимы. Весной 2020 г. выяснилось, что таких растений нет. После схода снега все растения, ушедшие в зиму, засохли.

1. Химический состав сухого вещества органических остатков люцерны хмелевидной сорта Мира перед запашкой, посев 17.08.2018 г.

Анализируемая часть растений	Содержание, %				
	сырая клетчатка	азот	фосфор	кальций	калий
Через 50 дней после уборки семян, 08.09.2019 г.					
Вся надземная часть	14,32	4,43	0,34	0,56	1,86
Корни	27,08	3,66	0,31	0,31	1,61
Весна, после схода снега, 26.03.2020 г.					
Вся надземная часть	26,67	2,84	0,32	0,37	1,30
Корни	31,32	3,73	0,35	0,28	1,54

Весной содержание клетчатки в надземной части высушенного травостоя возросло на 12,35% (до 26,67%), а азота снизилось на 1,59% (до 2,84%) по сравнению с сентябрем 2019 г. Содержание сырой клетчатки в корнях также возросло на 4,24%, а азота (3,73%) осталось примерно на уровне сентября (3,66%) (табл. 1).

Пониженное содержание азота в пожнивных остатках весной объясняется, видимо, тем, что в осенне-зимний и ранневесенний период азот расходуется живыми растениями на поддержание их жизнеспособности и микроорганизмами на разложение отмерших частей растений.

Более низкое содержание клетчатки в осенних пожнивных остатках и корнях, видимо, должно способствовать более быстрому разложению органических остатков, запаханых осенью.

Содержание фосфора оставалось близким (0,31–0,35%) независимо от времени заправки органических остатков старого травостоя. По-видимому, время заправки не влияет и на содержание кальция в корнях (0,31 и 0,28%) и пожнивных остатках (0,56 и 0,37%). Содержание в корнях и пожнивных остатках фосфора и кальция зависит, главным об-

разом, от их содержания в почве и поглонительной способности вида растений, а время заправки не влияет на их поступление в почву.

Калий, как известно, весьма подвижный элемент и легко вымывается не только из почвы, но и надземной части растений ливневыми дождями при выпадении более 20 мм осадков, а также переходит в корни, а затем в почву по мере старения растений [29]. Видимо, поэтому в сентябре 2019 г. в отаве содержалось 1,86% калия, а в марте 2020 г. — только 1,30% (табл. 1).

Следовательно, люцерну хмелевидную следует запахивать осенью, по окончании процесса активной вегетации, когда в пожнивных остатках и корнях содержится больше всего азота и меньше всего клетчатки.

В данном опыте не изучали скорость разложения органических остатков люцерны хмелевидной. Не удалось найти сведений об этом в публикациях отечественных и зарубежных исследователей. Однако имеются многочисленные работы, показывающие, что быстрее всего идет разложение клетчатки у донника (59–60% в первый год) и люцерны (59–66%) [30–33].

В отличие от люцерны хмелевидной, пожнивные остатки злаковых кормовых трав разлагаются значительно медленнее. Зависит это от повышенного содержания клетчатки и лигнина и низкого содержания азота и фосфора в сухом веществе органических остатков [31; 33–35].

Количество пожнивных остатков зависит от вида, сорта, урожайности, направления использования (корм или семена) запаханной культуры, а также продолжительности периода от уборки урожая до запахивания. Семена злаковых кормовых трав обычно убирают

сравнительно рано (середина июля — вторая декада августа) и, если позволяет погода, до времени заделки осенью успевают отрасти довольно значительная отава, особенно это относится к овсянице луговой.

В таблице 2 показан химический состав сухого вещества пожнивных остатков нескольких видов кормовых трав, запаханных почти сразу после уборки урожая (табл. 2, а) и через сравнительно продолжительный отрезок времени, за который скошенные растения успели заметно отрасти (табл. 2, б).

2. Химический состав сухого вещества пожнивных остатков различных видов многолетних трав (средневзвешенное за три года)

Вид кормовой культуры	Сорт	Содержание, %				
		сырая клетчатка	общий азот	фосфор	кальций	калий
а) Запахано в течение 1–2 недель после уборки урожая (среднее 2003, 2004 и 2006 гг.)						
Овсяница красная жесткая	Дипа	39,65	1,09	0,30	0,35	1,93
Овсяница красная	Сигма	37,03	0,88	0,25	0,30	1,72
Тимофеевка луговая	ВИК 61	30,69	1,81	0,25	0,35	2,56
Овсяница луговая	ВИК 5	33,42	2,06	0,36	0,47	2,80
Райграс пастбищный	ВИК 66	28,49	1,52	0,28	0,41	2,32
б) Запахано через 1–1,5 месяца после уборки урожая (среднее 2007, 2009 и 2012 гг.)						
Овсяница красная жесткая	Дипа	21,91	2,04	0,34		1,75
Овсяница красная	Сигма	20,17	1,59	0,25		1,41
Тимофеевка луговая	ВИК 61	15,41	2,73	0,35		2,46
Овсяница луговая	ВИК 5	16,70	2,51	0,31		2,15
Райграс пастбищный	ВИК 66	14,26	2,95	0,37		2,58

Через одну–две недели после уборки семян, заметного отрастания травостоя не наблюдалось.

Среднее содержание клетчатки в пожнивных остатках верховых злаковых трав находилось в пределах 28,49–33,42%, содержание азота в пределах

1,52–2,06%. Более высокое содержание сырой клетчатки отмечено у овсяницы красной сорта Сигма (37,03%) и овсяницы красной жесткой сорта Дипа (39,65%). При этом содержание азота (0,88 и 1,09%) значительно ниже, чем у верховых злаков (табл. 2, а).

При запашке пожнивных остатков травостоя злаковых трав через 1–1,5 месяца после уборки семян, успевают отрасти значительное количество зеленой массы отавы, имеющей низкое содержание сырой клетчатки (14,28–21,91%) и повышенное содержание общего азота (1,59–2,95%) (табл. 2, б). Следовательно, деструкция пожнивных остатков будет проходить быстрее, чем после запашки сразу после уборки семян.

Однако основную часть органических остатков составляют корни, которых в 20–30 раз больше, чем пожнивных. При этом содержание сырой клетчатки в сухом веществе корней достигает 34–52%, содержание азота — 0,61–1,21%, фосфора — 0,19–0,21% и калия — 0,99–1,30%. Наиболее высокое содержание сырой клетчатки (52,41 и 50,04%) в сухом веществе корней выявлено у овсяницы красной жесткой сорта Дипа и овсяницы красной сорта Сигма, а самое низкое — у райграса пастбищного сорта ВИК 66 (33,86%). Содержание сырой клетчатки в корнях тимофеевки луговой было 35,34%, овсяницы луговой — 41,79%.

Таким образом, если считать содержание сырой клетчатки в корнях основным показателем, определяющим интенсивность деструкции корневых и пожнивных остатков, по скорости минерализации органических остатков злаковые травы распределяются следующим образом: райграс пастбищный, тимофеевка луговая, овсяница луговая, овсяница красная, овсяница красная жесткая. С учетом этого следует применять биопрепараты-деструкторы.

Анализ эффективности применения деструкторов на разных культурах пока-

зывает, что наряду с видовой принадлежностью соломы, пожнивных остатков и стерни на скорость их разложения большое влияние оказывают срок применения препаратов и складывающийся в этот период гидротермический режим, а также типы почв и технологии их обработки, внесение минеральных удобрений. Так, на черноземных почвах ЦЧР применение различных доз препаратов Микобакт, Гумистим и Трихофит в качестве деструкторов пшеничной соломы через 90 дней (август–октябрь) обеспечивало ее разложение от 62,9 до 83,4% против 44,5–46,9% на контроле (потеря массы льняной ткани) [36; 37]. При весеннем применении деструктора Сти-микс Нива для утилизации остатков пшеничной соломы на светло-серой лесной среднесуглинистой почве в зависимости от системы ее обработки и доз удобрений разложение льняного полотна через 60 дней составляло от 16,8 до 21,0% [25].

В наших исследованиях на дерново-подзолистых почвах убыль массы льняного полотна на первом этапе проходила менее интенсивно — 2,5% через 60 дней и 6,2% — через 90 дней (табл. 3). Применение препарата Биокомплекс-БТУ способствовало ускорению процесса разложения ткани: через 60 дней этот показатель увеличился до 12,1% и до 20,3% — через 90 дней, или в 3,3 раза больше по сравнению с льняным полотном в почве, необработанной микробиологическим препаратом (табл. 3). Аналогичные закономерности отмечены и на дернине (рис. 3). Более низкие показатели потери массы ткани за этот период на контроле обусловлены связыванием минерального азота почвы нативным мик-

робным сообществом в связи с его развитием на органических остатках дернины. Биологическая иммобилизация азота микробной биомассой уменьшила темпы разложения льняного полотна. На следующий год, через 300 дней после при-

менения Биоконплекса-БТУ отмечалась выраженная деградация льняного полотна, которое к этому времени разрушилось на 76,5% (сильная активность) и состояло из отдельных разрозненных фрагментов (табл. 3).

3. Биологическая активность препарата Биоконплекс-БТУ при обработке дернины овсяницы красной жесткой

Срок проведения учета после внесения препарата Биоконплекс-БТУ	Разложение льняного полотна, %	
	контроль	на обработанном участке
Через 30 дней	—	6,7
Через 60 дней	2,5	12,1
Через 90 дней	6,2	20,3
Через 270 дней	11,3	57,2
Через 300 дней	15,1	76,5



Рис. 3. Внешний вид комков дернины овсяницы красной осенью после зяблевой вспашки перед окончанием вегетационного периода:
 1 — контроль (без внесения микробиологического препарата),
 2, 3 — после применения Биоконплекса-БТУ

Применение Биоконплекса-БТУ интенсифицировало процесс биохимиче-

ской утилизации дернины овсяницы красной. Исследования показали, что

обработка этим препаратом дернины способствовала последовательному уменьшению размера (объема) ее комков в почве в первые 90 дней с 2688 до 1443 см³, или на 46%, вследствие их разрушения при разложении связующих корневых образований овсяницы. В пе-

риод весенней предпосевной подготовки почвы по последствию применения Биокомплекса-БТУ отмечалась хорошая разделка остатков дернины, средний объем комков которой составлял 138 см³, что в 7 раз меньше по сравнению с контролем (рис. 4).



Рис. 4. Внешний вид комков дернины овсяницы красной:

1 — через 10 месяцев после внесения препарата Биокомплекс-БТУ и комплекса предпосевной обработки почвы; 2 — через 9 месяцев после внесения препарата Биокомплекс-БТУ и весеннего дискования почвы

Закключение. Таким образом, одной из лучших культур для использования в качестве зеленого удобрения является люцерна хмелевидная, что связано с ее пластичностью при взаимодействии с почвенной микрофлорой, обусловленной широкой амплитудой генетической комплементарности этой культуры с бактериями-азотфиксаторами. Благодаря накоплению биологического азота люцерна хмелевидная обеспечивает сохранение и повышение содержания в почве гумуса. Для получения максимального положительного эффекта на плодородие

почвы люцерну хмелевидную следует запахивать осенью по окончании процесса активной вегетации, когда в пожнивных остатках и корнях содержится больше всего азота и меньшее количество клетчатки.

При долголетнем возделывании многолетних мятликовых трав на одном месте в верхнем слое почвы формируется дернина. На скорость деструкции корневых и пожнивных остатков большое влияние оказывает их химический состав, который определяется видовыми особенностями культур. Содержание

сырой клетчатки в корнях является основным показателем, определяющим интенсивность разложения дернины. По скорости минерализации органических остатков злаковые травы распределяются следующим образом: райграс пастбищный, тимофеевка луговая, овсяница луговая, овсяница красная, овсяница красная жесткая. Применение микро-

биологического препарата-деструктора стерни способствует повышению биогенности почвы и является высокоэффективным приемом по решению проблемы качественной разделки пласта овсяницы красной, как наиболее проблемной, с точки зрения деструкции дернины, культуры на дерново-подзолистых почвах.

Литература

1. Фролова Л.Д., Новиков М.Н. Биологизация земледелия как фактор повышения плодородия почв и продуктивности кормовых севооборотов // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2018. – № 2 (8). – С. 71–77. (DOI 10.24888/2541-7835-2018-8-71-77).
2. Эседуллаев С.Т., Мельцаев И.Г. Биологизированные севообороты – основной фактор повышения плодородия дерново-подзолистых почв и продуктивности пашни в Верхневолжье // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 11 (190). – С. 18–26. (DOI: 10.32417/article_5dcd861e3d2300.42959538).
3. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Новые сорта кормовых культур и технологии для сельского хозяйства России // Кормопроизводство. – 2021. – № 6. – С. 22–26.
4. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Молоканцева Е.И. Научные результаты исследований по многолетним травам // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 3 (47). – С. 46–55.
5. Роль многолетних трав, удобрений в обеспечении кормовой базы животноводства и повышении плодородия зональных дерново-подзолистых почв Центрального Нечерноземья / В.Н. Нутровский, В.В. Конончук, Г.В. Благовещенский [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 4. – С. 33–41.
6. Абдушаева Я.М., Николаева Т.А., Карбивская У.М. Особенности формирования симбиотического аппарата многолетних бобовых трав в условиях Новгородской области // Наука, бизнес, власть – триада регионального развития : сб. статей II Междунар. науч.-практ. конф. (Великий Новгород, 14 апреля 2017). – Санкт-Петербург, 2017. – С. 8–12.
7. Степанова Г.В. Симбиотические свойства люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina* L.) // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2016. – № 12. – С. 368–371.
8. Трухан О.В. Семеноводство овсяницы красной // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2 (6). – С. 136–141.
9. Трухан О.В. Биологическое обоснование инновационных технологий выращивания семян овсяницы красной, конкурентоспособных в условиях мирового рынка // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 54. – С. 314–317.
10. Золотарев В.Н. Состояние семеноводства и агроэнергетическая оценка эффективности производства семян овсяницы красной // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 3. – С. 25–39. (URL: <http://www.adaptagro.ru>; DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2020-3-25-39>).
11. Буянтуева Л.Б., Никитина Е.П., Гынинова А.Б. Исследование численности и ферментативной активности микроорганизмов-деструкторов органического вещества растительных остатков каштановых почв степных пастбищ Бурятии // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. – 2014. – № 4–1. – С. 83–87.

12. Лазарева Т.С., Мажайский Ю.А. Оценка качества дернины газонных травостоев на разрывное усилие // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 6. – С. 45–47.
13. Кравченко Р.В. Растительные остатки и плодородие почв // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2012. – № 79. – С. 392–401. (<http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/45.pdf>).
14. Булохов А.Д. Оценка качества кормов естественных и сеяных лугов бассейна реки Ипуть в радиационно-загрязненных районах Брянской и Гомельской области // *Вестник Брянского государственного университета*. – 2014. – № 4. – С. 61–66.
15. Степанова Г.В., Леонидова Т.В. Влияние биологической азотфиксации овсяницы красной на плодородие почвы в условиях Нечерноземной зоны России // *Многофункциональное адаптивное кормопроизводство* : сб. науч. тр., вып. 3 (51). – М., 2014. – С. 19–30.
16. Зинченко М.К., Стоянова Л.Г., Селицкая О.В. Экологическая роль аллелопатии в проявлении фитотоксичности агроценозами серой лесной почвы // *Владимирский земледелец*. – 2012. – № 4 (62). – С. 32–34.
17. Тарасов С.А., Шершнева О.М. Использование микробиологических препаратов для ускорения деструкции соломы // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2014. – № 6. – С. 42–46.
18. Русакова И.В., Воробьев Н.И. Использование биопрепарата Баркон для инокулирования соломы, применяемой в качестве удобрения // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 8. – С. 25–28.
19. Русакова И.В. Эффективность различных доз и сроков внесения азота при заделке соломы под ячмень и тритикале // *Владимирский земледелец*. – 2020. – № 2 (92). – С. 27–33. (DOI:10.24411/2225-2584-2020-10115).
20. Русакова И.В. Биопрепараты для разложения растительных остатков в агроэкосистемах // *Juvenis Scientia*. – 2018. – № 9. – С. 4–9. (DOI: 10.32415/jscientia.2018.09.01).
21. Дайнеко Н.М., Концевая И.И., Тимофеев С.Ф., Браточкина Е.Г. Численность микроорганизмов при использовании биопрепарата Жыцень на пожнивные остатки соломы // *Достижения науки и образования*. – 2019. – № 9–1 (50). – С. 4–8.
22. Гораш А.С., Сендецкий В.Н. Влияние деструкции соломы и сидератов на продуктивность кукурузы на зерно // *Вестник Донского государственного аграрного университета*. – 2018. – № 2–3 (28). – С. 55–62.
23. Bogdanchikov I.Y., Vyshov N. V., Bachurin A. N., Yesenin M.A. Use of straw in organic farming // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 624. – No. 1. – P. 012220.
24. Таксономический состав и организация микробного сообщества дерново-подзолистых почв после внесения соломы зерновых культур и использования препарата Баркон / Орлова О.В., Е.Л. Чирак, Н.И. Воробьев, О.В. Свиридова, Т.О. Лисина, Е.Е. Андронов // *Сельскохозяйственная биология*. – 2019. – Т. 54, № 1. – С. 47–64. (doi: 10.15389/agrobiology. 2019.1.47).
25. Ивенин А.В., Саков А.П. Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы на ее биологическую активность и урожайность гороха в Нижегородской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2019. – Т. 20, № 3. – С. 256–264. (<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.256-264>).
26. Динамика микробного сообщества типичного чернозема при биодegradации целлюлозы и соломы ячменя / Е.Л. Чирак, О.В. Орлова, Т.С. Аксенова, А.А. Кичко, Е.Р. Чирак, Н.А. Проворов, Е.Е. Андронов // *Сельскохозяйственная биология*. – 2017. – Т. 52, № 3. – С. 588–596. (doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.588rus).
27. Опытное дело в полеводстве / С.С. Сдобников, А.А. Зенин, К.И. Саранин [и др.]; под общ. ред. Г.Ф. Никитенко. – М. : Россельхозиздат, 1982. – 190 с.

28. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
29. Никитишен В.И., Личко В.И. Поведение калия в системе почва – растение при различных условиях водного режима // *Агрохимия*. – 2007. – № 1. – С. 17–24.
30. Коржов С.И., Трофимова Т.Н., Молчанова Н.П. Солодовников А.П. Бинарные посева подсолнечника с донником и люцерной и их влияние на биогенность почвы // *Аграрный научный журнал*. – 2018. – № 5. – С. 26–30.
31. Дедов А.А., Дедов А.В., Несмеянова М.А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном и продуктивность культур севооборота // *Агрохимия*. – 2016. – № 6. – С. 3–8.
32. Эседуллаев С.Т., Шмелева Н.В. Особенности аккумуляции азота многолетними бобовыми травами в чистых и смешанных посевах в Верхневолжье // *Плодородие*. – 2016. – № 6. – С. 16–18.
33. Русакова И.В. Эффективность микробных деструкторов послеуборочных остатков в лабораторных и полевых экспериментах // *Владимирский земледелец*. – 2021. – № 2. – С. 34–40. (DOI: 10.24412/2225-2584-2021-2-34-40).
34. Тавказахов С.А., Абаев А.А., Тедеева В.В. Влияние гербицидов и минеральных удобрений на биологическую активность почвы в условиях лесостепной зоны РСО–Алания // *Тенденции развития науки и образования*. – 2021. – № 72–2. – С. 62–66. (DOI: 10.18411/lj-04-2021-61).
35. Воробьев В.Б., Грищенко И.Ю. Влияние содержания гумуса и различных доз азотного удобрения на целлюлазную активность агродерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в посевах ячменя // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2013. – № 1. – С. 37–42.
36. Шершнева О.М. Влияние препарата Микобакт на разложение пшеничной соломы и урожайность сахарной свеклы // *Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве : материалы Международной научно-практической конференции (28–29 января 2015 г., г. Курск). Ч. 2. – Курск : Изд-во Курской ГСХА, 2015. – С. 167–169.*
37. Lazarev V.I., Rusakova A.A., Glebova I.A., Klimov V.A. Influence of microbiological preparations on the rate of decomposition of winter wheat straw and the productivity of sugar beet in the conditions of the Kursk region // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 723. – No. 2. – P. 022102.

References

1. Frolova L.D., Novikov M.N. Biologizatsiya zemledeliya kak faktor povysheniya plodorodiya pochv i produktivnosti kormovykh sevooborotov [Biologization of agriculture as a factor in increasing soil fertility and productivity of forage crop rotations]. *Agropromyshlennyye tekhnologii Tsentral'noy Rossii [Agroindustrial technologies of Central Russia]*, 2018, no. 2 (8), pp. 71–77. (DOI 10.24888/2541-7835-2018-8-71-77).
2. Esedullaev S.T., Meltsaev I. G. Biologizirovannyye sevooboroty – osnovnoy faktor povysheniya plodorodiya dernovo-podzolistykh pochv i produktivnosti pashni v Verkhnevolzh'ye [Biologized crop rotation – the main factor for fertility increases of sod-podzolic soils and arable land productivity in the Upper Volga]. *Agrarnyy vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]*, 2019, no. 11 (190), pp. 18–26. (DOI: 10.32417/article_5dcd861e3d2300.42959538).
3. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. Novyye sorta kormovykh kul'tur i tekhnologii dlya sel'skogo khozyaystva Rossii [New varieties of forage crops and technologies for Russian agriculture]. *Kormoproizvodstvo [Fodder production]*, 2021, no. 6, pp. 22–26.
4. Dronova T.N., Burtseva N.I., Molokantseva E.I. Nauchnyye rezul'taty issledovaniy po mnogoletnim travam [Scientific results of research on perennial grasses]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye [Proceedings of Lower Volga agro-university complex: Science and higher education]*, 2017, no. 3 (47), pp. 46–55.

5. Nutrovskiy V.N., Kononchuk V.V., Blagoveshchenskiy G.V. et al. Rol' mnogoletnikh trav, udobreniy v obespechenii kormovoy bazy zhivotnovodstva i povyshenii plodorodiya zonal'nykh dernovo-podzolistykh pochv Tsentral'nogo Nechernozem'ya [The role of perennial grasses, fertilizers in providing a forage base for animal husbandry and increasing the fertility of zonal sod-podzolic soils in Central Non-Chernozem region]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [News of the Timiryazev Agricultural Academy]*, 2010, no. 4, pp. 33–41.
6. Abdushaeva Ya.M., Nikolaeva T.A., Karbivskaya U.M. Osobennosti formirovaniya simbioticheskogo apparata mnogoletnikh bobovykh trav v usloviyakh Novgorodskoy oblasti [Features of the formation of the symbiotic apparatus of perennial legumes in the conditions of the Novgorod region]. *Nauka, biznes, vlast' – triada regional'nogo razvitiya [Science, business, power – the triad of regional development: collection of articles II Int. scientific-practical conf. (Veliky Novgorod, April 14, 2017)]*. St. Petersburg, 2017, pp. 8–12.
7. Stepanova G.V. Simbioticheskiye svoystva lyutserny khmelevidnoy (*Medicago lupulina* L.) [Symbiotic properties of black medic (*Medicago lupulina* L.)]. *Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya [New and non-traditional plants and prospects for their use]*, 2016, no. 12, pp. 368–371.
8. Trukhan O.V. Semenovodstvo ovsyanitsy krasnoy [Seed growing of red fescue]. *Zernobobovyeye i krupyanyye kul'tury [Leguminous and groats crops]*, 2013, no. 2 (6), pp. 136–141.
9. Trukhan O.V. Biologicheskoye obosnovaniye innovatsionnykh tekhnologiy vyrashchivaniya semyan ovsyanitsy krasnoy, konkurentosposobnykh v usloviyakh mirovogo rynka [Biological substantiation of innovative technologies for growing seeds of red fescue, competitive in the world market]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]*, 2015, no. 54, pp. 314–317.
10. Zolotarev V.N. Sostoyaniye semenovodstva i agroenergeticheskaya otsenka effektivnosti proizvodstva semyan ovsyanitsy krasnoy [State of seed production and agro-energy efficiency assessment of red fescue seed production]. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo [Adaptive fodder production]*, 2020, no. 3, pp. 25–39. (URL: <http://www.adaptagro.ru>; DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2020-3-25-39>).
11. Buyantueva L.B., Nikitina E.P., Gyninova A.B. Issledovaniye chislennosti i fermentativnoy aktivnosti mikroorganizmov-destruktorov organicheskogo veshchestva rastitel'nykh ostatkov kashtanovykh pochv stepnykh pastbishch Buryatii [Research of the number and enzymatic activity of microorganisms decomposers of organic matter of plant residues of chestnut soils in steppe grassland of Buryatia]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, geografiya [Bulletin of the Buryat State University. Biology, geography]*, 2014, no. 4–1, pp. 83–87.
12. Lazareva T.S., Mazhayskiy Yu.A. Otsenka kachestva derniny gazonnykh travostoyev na razryvnoye usiliye [Assessment of lawns herbage sod quality of breaking strength]. *Agrokhimicheskiy vestnik [Agrochemical Bulletin]*, 2015, no. 6, pp. 45–47.
13. Kravchenko R.V. Rastitel'nyye ostatki i plodorodiye pochv [Plant residues and soil fertility]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University]*, 2012, no. 79, pp. 392–401. (<http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/45.pdf>).
14. Bulokhov A.D. Otsenka kachestva kormov yestestvennykh i seyanykh lugov basseyna reki Iput' v radiatsionno-zagryaznennykh rayonakh Bryanskoy i Gomel'skoy oblasti [Assessment of the quality of forage on natural and sowing meadows in the Iput River basin in radiation-contaminated areas of the Bryansk and Gomel regions]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Bryansk State University]*, 2014, no. 4, pp. 61–66.
15. Stepanova G.V., Leonidova T.V. Vliyaniye biologicheskoy azotfiksatsii ovsyanitsy krasnoy na plodorodiye pochvy v usloviyakh Nechernozemnoy zony Rossii [Influence of biological nitrogen fixation fescue red on the fertility of soils in conditions of Non-Chernozem zone of Russia]

- Mnogofunktsional'noye adaptivnoye kormoproizvodstvo [Multifunctional adaptive fodder production : collection of scientific papers]*. Issue 3 (51). Moscow, 2014, pp. 19–30.
16. Zinchenko M.K., Stoyanova L.G., Selitskaya O.V. Ekologicheskaya rol' allelopatii v proyavlenii fitotoksichnosti agrotsenozami seroy lesnoy pochvy [The ecological role of allelopathy in the manifestation of phytotoxicity by agrocenoses of gray forest soil]. *Vladimirskiy zemledelets [Vladimir agriculturist]*, 2012, no. 4 (62), pp. 32–34.
 17. Tarasov S.A., Shershneva O.M. Ispol'zovaniye mikrobiologicheskikh preparatov dlya uskoreniya destruktzii solomy [The use of microbiological preparations to accelerate the destruction of straw]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]*, 2014, no. 6, pp. 42–46.
 18. Rusakova I.V., Vorobev N.I. Ispol'zovaniye biopreparata Barkon dlya inokulirovaniya solomy, primenyayemoy v kachestve udobreniya [The use of the biological product Barkon for inoculation of the straw used as fertilizer]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]*, 2011, no. 8, pp. 25–28.
 19. Rusakova I.V. Effektivnost' razlichnykh doz i srokov vneseniya azota pri zadelke solomy pod yachmen' i tritikale [Efficiency of various doses and time of application of nitrogen during straw incorporation for barley and triticale]. *Vladimirskiy zemledelets [Vladimir agriculturist]*, 2020, no. 2, pp. 27–33.
 20. Rusakova I.V. Biopreparaty dlya razlozheniya rastitel'nykh ostatkov v agroekosistemakh [Biopreparations for decomposition of plant residues in agroecosystems]. *Juvenis Scientia*. 2018. N 9. Pp. 4–9. (DOI: 10.32415/jscientia.2018.09.01).
 21. Dayneko N.M., Kontsevaya I.I., Timofeev S.F., Bratochkina E.G. Chislennost' mikroorganizmov pri ispol'zovanii biopreparata Zhytsen' na pozhnivnyye ostatki solomy [The number of microorganisms when using the biological product Zhytsen on straw residues]. *Dostizheniya nauki i obrazovaniya [Achievements of Science and Education]*, 2019, no. 9–1 (50), pp. 4–8.
 22. Gorash A.S., Sendetskiy V.N. Vliyaniye destruktzii solomy i sideratov na produktivnost' kukuruzy na zerno [The influence of decomposition of straw and green manure on the yield of corn grain]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Don State Agrarian University]*, 2018, no. 2–3 (28), pp. 55–62.
 23. Bogdanchikov I.Y., Byshov N. V., Bachurin A. N., Yesenin M.A. Use of straw in organic farming. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. Vol. 624. No. 1. P. 012220.
 24. Orlova O.V., Chirak E.L., Vorobev N.I., Sviridova O.V., Lisina T.O., Andronov E.E. Taksonomicheskii sostav i organizatsiya mikrobnogo soobshchestva dernovo-podzolistykh pochv posle vneseniya solomy zernovykh kul'tur i ispol'zovaniya preparata Barkon [Taxonomic composition and organization of the microbial community of soddy-podzolic soils after application of straw of cereal crops and using of the Barkon biopreparation]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2019, vol. 54, no. 1, pp. 47–64. (doi: 10.15389/agrobiology.2019.1.47)
 25. Ivenin A.V., Sakov A.P. Vliyaniye sistem obrabotki svetlo-seroy lesnoy pochvy na yeye biologicheskuyu aktivnost' i urozhaynost' gorokha v Nizhegorodskoy oblasti [The influence of light-gray forest soil tillage systems on biological activity of the soil and productivity of pea in the Nizhny Novgorod region]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka [Agricultural Science Euro-North-East]*, 2019, vol. 20, no. 3, pp. 256–264. (<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.256-264>).
 26. Chirak E.L., Orlova O.V., Aksenova T.S., Kichko A.A., Chirak E.R., Provorov N.A., Andronov E.E. Dinamika mikrobnogo soobshchestva tipichnogo chernozema pri biodegradatsii tsellyulozy i solomy yachmenya [Dynamics of chernozem microbial community during biodegradation of cellulose and barley straw]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2017, vol. 52, no. 3, pp. 588–596. (doi: 10.15389/agrobiology.2017.3.588).

27. Sdobnikov S.S., Zenin A.A., Saranin K.I. et al. Opytnoye delo v polevodstve [Experiential work in field cultivation]. Ed.: G.F. Nikitenko. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1982, 190 p.
28. Zvyagintsev D.G. Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii [Methods of soil microbiology and biochemistry]. Moscow, 1991, 304 p.
29. Nikitishen V.I., Lichko V.I. Povedeniye kaliya v sisteme pochva – rasteniye pri razlichnykh usloviyakh vodnogo rezhima [The behavior of potassium in the soil – plant system under different conditions of the water regime] *Agrokimiya [Agrochemistry]*, 2007, no. 1, pp. 17–24.
30. Korzhov S.I., Trofimova T.N., Molchanova N.P. Solodovnikov A.P. Binarnyye posevy podsolnechnika s donnikom i lyutsernoy i ikh vliyaniye na biogennost' pochvy [Binary crops of sunflower with melilot and alfalfa and their influence on soil biogenicity]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal [Agrarian scientific journal]*, 2018, no. 5, pp. 26–30.
31. Dedov A.A., Dedov A.V., Nesmeyanova M.A. Dinamika razlozheniya rastitel'nykh ostatkov v chernozeme tipichnom i produktivnost' kul'tur sevooborota [The dynamics of decomposition of plant residues in typical chernozem and the productivity of crop rotation]. *Agrokimiya [Agrochemistry]*, 2016, no. 6, pp. 3–8.
32. Esedullayev S.T., Shmeleva N.V. Osobennosti akkumulyatsii azota mnogoletnimi bobovymi travami v chistykh i smeshannykh posevakh v Verkhnevolzh'ye [Features of nitrogen accumulation by perennial leguminous grasses in pure and mixed crops in the Upper Volga region]. *Plodorodiye [Fertility]*, 2016, no. 6, pp. 16–18.
33. Rusakova I.V. Effektivnost' mikrobykh destruktorykh posleurozhnykh ostatkov v laboratornykh i polevykh eksperimentakh [The effectiveness of microbial destructors of post-harvest residues in laboratory and field experiments]. *Vladimirskiy zemledelets [Vladimir agronomist]*, 2021, no. 2, pp. 34–40. (DOI:10.24412/2225-2584-2021-2-34-40).
34. Tavkazakhov S.A., Abaev A.A., Tedeeva V.V. Vliyaniye gerbitsidov i mineral'nykh udobreniy na biologicheskuyu aktivnost' pochvy v usloviyakh lesostepnoy zony RSO–Alaniya [The influence of herbicides and mineral fertilizers on the biological activity of the soil in the forest-steppe zone of the North Ossetia–Alania]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya [Trends in the development of science and education]*, 2021, no. 72–2, pp. 62–66. (DOI: 10.18411/lj-04-2021-61).
35. Vorobev V.B., Grishchenko I.Yu. Vliyaniye soderzhaniya gumusa i razlichnykh doz azotnogo udobreniya na tsellyulaznuyu aktivnost' agrodernovo-podzolistoy legkosuglinistoy pochvy v posevakh yachmenya [Influence of humus content and different doses of nitrogen fertilization on the cellulase activity of agrosod-podzolic light loamy soil in barley crops]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy]*, 2013, no. 1, pp. 37–42.
36. Shershneva O.M. Vliyaniye preparata Mikobakt na razlozheniye pshenichnoy solomy i urozhaynost' sakharnoy svekly [The effect of Mycobact on the decomposition of wheat straw and the yield of sugar beet]. *Aktual'nyye problemy i innovatsionnaya deyatel'nost' v agropromyshlennom proizvodstve [Actual problems and innovative activities in agro-industrial production: materials of the Intern. scientific-practical conf. (January 28–29, 2015, Kursk)]*. Part 2. Kursk, 2015, pp. 167–169.
38. Lazarev V.I., Rusakova A.A., Glebova I.A., Klimov V.A. Influence of microbiological preparations on the rate of decomposition of winter wheat straw and the productivity of sugar beet in the conditions of the Kursk region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021. Vol. 723. No. 2. P. 022102.