

УДК 631.872:631.86:631.875:631.46

ВЛИЯНИЕ СОЛОМЫ В СОЧЕТАНИИ С МИНЕРАЛЬНЫМИ, ОРГАНИЧЕСКИМИ И СИДЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

© 2022 г. А. Г. Дзюин

Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН
426067 Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34, Удмуртская Республика, Россия

E-mail: ugnish-nauka@yandex.ru

Поступила в редакцию 21.02.2022 г.

После доработки 21.06.2022 г.

Принята к публикации 12.08.2022 г.

В Удмуртском НИИСХ на дерново-подзолистой суглинистой почве проводили опыты с использованием соломы озимой ржи и сидератов на удобрение. В 1977–1980 гг. исследования вели в звене севооборота горох – озимая рожь – ячмень (опыт 1) на фоне 1 – минеральные удобрения, в сумме за 3 года внесли N320P310K190 и фоне 2 – бесподстилочный навоз 150 т/га. Для выяснения процесса разложения соломы определяли состав и численность микроорганизмов. В 2001–2008 гг. исследования вели в 8-польных севооборотах (опыт 2): фактор А (виды пара) – чистый, занятый, сидеральный, в качестве сидеральных культур были викоовсяная смесь, зеленая масса озимой ржи, клевер 1-го года пользования; фактор В (фоны): 1 – без удобрений, 2 – навоз 40 т/га; фактор В (варианты): 1 – без удобрений, 2 – NPK, 3 – солома, 4 – солома + NPK. При заделке соломы добавили 8 кг N/т соломы. Биологическую активность почвы определяли аппликационным методом. В опыте 1 солома способствовала увеличению численности почвенных микроорганизмов. В почве под культурами звена севооборота изменялся их видовой состав. Под посевом гороха целлюлозных бактерий было на 36.8% (5.2 против 3.8 тыс./г абсолютно сухой почвы) больше, чем в варианте без соломы. Количество бактерий, определяемых на МПА, актиномицетов и грибов не изменилось. На фоне применения жидкого навоза + NPK в варианте с соломой в первый год отмечено увеличение количества бактерий на МПА (на 18.6%) и актиномицетов (на 75%), уменьшилось количество целлюлозных бактерий (на 10%), количество грибов не изменилось. На 2-й год на обоих фонах увеличилась численность определяемых групп микроорганизмов по сравнению с первым годом. На 3-й год на обоих фонах увеличилась численность грибов и целлюлозоразлагающих бактерий, но уменьшилось количество бактерий на МПА. Использование бесподстилочного навоза совместно с соломой в звене севооборота сдерживало развитие целлюлозоразлагающих бактерий в сравнении с минеральным фоном в среднем на 16.9%, что свидетельствовало о минерализации соломы по схеме медленного разложения. В севооборотах с чистым, занятым и сидеральными парами (опыт 2) разложение хлопчатобумажной ткани в варианте с соломой шло лучше, чем без ее внесения. При внесении твердого навоза разложение соломы замедлилось, поскольку он подвергался более быстрой минерализации, чем солома. В севооборотах с сидеральными парами и клевером внесение соломы обеспечивало повышение плодородия почвы.

Ключевые слова: солома озимой ржи, минеральные и сидеральные удобрения, навоз жидкий, твердый, звено севооборота, 8-польный севооборот, численность и состав микроорганизмов.

DOI: 10.31857/S0002188122110059

ВВЕДЕНИЕ

Повсеместное снижение запасов гумуса в почвах, как отмечают исследователи [1, 2], явилось одной из основных причин перехода на биологическое земледелие. В решении проблемы воспроизводства плодородия почв существенную роль играют органические удобрения в виде навоза, компостов [3]. Они способствуют улучшению водно-воздушных, физико-химических и агрохи-

мических свойств почвы [4]. В условиях дефицита органических удобрений применение экологически безопасных биоресурсов агроценозов – сидератов, соломы и других, как наиболее дешевых, экономически выгодных и ежегодно возобновляемых удобрений стало требованием времени [5]. Солома считается одним из мощных средств, оказывающих влияние на запасы органического вещества в почве [6]. Отмечено ее положительное

влияние на урожайность культур в прямом действии [7] и в последствии [8], поскольку в почву при средней урожайности соломы 4 т/га поступает дополнительно азота – 14–22, фосфора – 3–7, калия – 22–55 кг/га [9].

Многие авторы отмечали, что систематическое использование соломы улучшает физические свойства почвы, ее водный и тепловой режим [10, 11]. Совместное применение соломы с минеральными удобрениями действует как навоз при условии выравнивания соотношения основных элементов питания [12]. Солома оказывает влияние на содержание элементов питания в почве [13, 14]. Использование ее в качестве мульчи полностью прекращало эрозию [15].

В минерализации растительных остатков и соломы непосредственное участие принимают микроорганизмы. Их численность и видовой состав определяют интенсивность минерализации, которая зависит от почвенных и климатических условий [16]. По данным ряда исследователей [17], сделано обобщение, что в первую очередь разлагаются наиболее легкоусвояемые органические соединения – пентозаны, простые сахара, белки. В это время развиваются неспорообразующие бактерии рода *Pseudomonas*, а также мукоровые и пикнидиальные грибы. Позднее в разложение соломы включаются грибы и бациллы, а затем начинается разложение клетчатки. Появляется типичная целлюлозоразлагающая микрофлора.

Опыты, проведенные в Удмуртском НИИСХ, показали повышение биологической активности почвы при внесении ржаной соломы 5–6 т/га, причем под 1-й культурой севооборота интенсивно развивались сапрофитные (гнилостные) микроорганизмы, под 3-й – целлюлозоразлагающие [18]. В опытах было выявлено, что при разной насыщенности севооборота органическими и минеральными удобрениями биологическая активность среднесмытой дерново-подзолистой почвы была слабой (по данным 60-суточного разложения льняных полотен по методу Звягинцева) на фоне 2-разового внесения соломы озимой ржи за ротацию севооборота. В начале его ротации этот показатель был больше – 17.1–29.3%, в среднем за ротацию составил 15.7–24.6%. При внесении органических удобрений отмечено достоверное повышение биологической активности пахотного слоя почвы. Выявлено, что в слое 0–10 см и органические, и минеральные удобрения обеспечили существенное повышение биологической активности почвы. В нижележащем слое 10–20 см только органические удобрения существенно повлияли на этот показатель. Сохранение и повышение эффективного плодородия почвы обеспечивали вы-

сокий уровень урожайности культур севооборота – 3.00 и 4.22 т/га.

Повышению плодородия почв в условиях острого дефицита органических удобрений способствует также использование зеленого удобрения (сидерата). Объясняется это и соотношением C : N в органическом веществе сидерата. Чем оно шире, тем медленнее проходит процесс минерализации, чем уже, тем быстрее разлагается органическое вещество [19]. Обогащение почвы легкогидролизуемым органическим веществом, каковым является сидерат, нормализует микробиологические процессы в почве и снимает почвоугнетение в севооборотах, насыщенных основными культурами, за один вегетационный период [20]. Познанные и промежуточные посевы на зеленое удобрение способствуют улучшению агрохимических свойств почвы, они улучшают физические свойства почвы – структуру, скважность, объемную массу [21]. Запахивание сидеральных культур, особенно бобовых на зеленое удобрение, является важным источником обогащения почвы свежим органическим веществом и биологическим азотом, мощным приемом воспроизводства, прежде всего, эффективного плодородия почвы [22]. Цель работы – исследование влияния запахивания соломы в сочетании с применением минеральных, органических и сидеральных удобрений на биологическую активность почвы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование с использованием соломы в качестве органического удобрения проводили в Удмуртском НИИСХ – структурном подразделении УдмФИЦ УрО РАН на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве с агрохимическими показателями пахотного слоя (0–20 см): pH_{KCl} 5.9, H_T – 1.38–1.56, S – 14.6–12.7 мг-экв/100 г почвы, P_2O_5 – 280–152, K_2O по Кирсанову – 116–113 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2.4–2.3% соответственно в зависимости от закладок в 2 этапа.

В 1977–1980 гг. в одном из стационарных опытов в звене севооборота горох – озимая рожь – ячмень определяли состав и численность микроорганизмов в почве (опыт 1). Под первую культуру (горох) осенью запахивали на глубину пахотного слоя 20–22 см минеральные удобрения (аммиачную селитру, суперфосфат двойной гранулированный, хлористый калий) в дозах N60P120K90, жидкий навоз 150 т/га (эквивалентный N60) и измельченную ржаную солому (3–4 см) из расчета 5 т/га. В варианте с соломой весной под предпосевную обработку почвы внесли N60. Под 2-ю культуру (озимую рожь) осенью были внесены

минеральные удобрения – N60P100K60 и весной N45. Солому озимой ржи 2-й культуры в почву не запахивали. Под 3-ю культуру (ячмень) внесли осенью N50P90K40 и весной N45. В сумме было использовано удобрений в действующем веществе N320P310K190. Опыт проводили в 3-х закладках, в трехкратной повторности. В опыте использовали бесподстилочный навоз крупного рогатого скота с содержанием (% на сырую навеску): общего азота – 0.103, P₂O₅ – 0.065, K₂O – 0.179 и влажностью 93.6%. В использованной в опыте соломе содержалось (% абсолютно сухого вещества): общего азота – 0.67, P₂O₅ – 0.15, K₂O – 1.97. Жидкий навоз вносили с помощью 8-кубовой цистерны (8 м³), агрегируемой трактором К-700. Дозировка навоза зависела от скорости трактора и количества прохода его по деланке. Дозу внесения навоза устанавливали по содержанию в нем общего азота из расчета N60.

После уборки культур из пахотного слоя 0–20 см отбирали почвенные образцы, в которых определяли состав микроорганизмов по методике, описанной в [23] – методом пластинок на твердых питательных средах. Аэробные бактерии, использующие органический азот почвы, учитывали на мясопептонном агаре (МПА), актиномицеты – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), целлюлозоразлагающие бактерии – на среде Гетчинсона, грибы – на сусло-агаре (СА).

В 2001–2008 гг. исследования вели в 3-факторном опыте с видами пара (опыт 2): фактор А – севообороты с видами пара и сидеральными культурами (табл. 1). За основу изучения выбран типичный для республики 8-польный севооборот с 2-мя годами пользования клевера лугового. Чередование культур в севооборотах: С.1 – пар чистый–озимая рожь–ячмень + клевер–клевер 1-го года пользования (г.п.)–клевер 2-го г.п.–озимая рожь–ячмень–овес; С.2 – пар занятый (викоовсяная смесь на зеленый корм)–озимая рожь–ячмень + клевер, клевер 1-го г.п.–клевер 2-го г.п.–озимая рожь–ячмень–овес; С.3 – пар сидеральный (викоовсяная смесь)–озимая рожь–ячмень–яровая пшеница + клевер–клевер 1-го г.п.–озимая рожь–ячмень + озимая рожь на сидерат–овес; С.4 – пар сидеральный (клевер 1-го г.п.)–озимая рожь–ячмень–яровая пшеница + клевер–клевер 1-го г.п.–озимая рожь–ячмень–овес. В паровом поле севооборота С.3 в качестве сидерата выращивали викоовсяную смесь и после уборки предпоследней культуры – ячменя повторно для сидерации высевали озимую рожь. В севообороте С.4 в качестве сидерата запахивали клевер. Фактор В (фон): 1 – без удобрений, 2 – навоз крупного рогатого скота 40 т/га (5 т/га

севооборотной площади, внесли в паровом поле) с содержанием (на сырую навеску, %) общего азота – 0.98, P₂O₅ – 0.35, K₂O – 0.41 и влажностью – 76%. Фактор В (варианты): 1 – без удобрений (контроль), 2 – NPK, 3 – солома озимой ржи из расчета 4.5 т/га, вносили вручную, 4 – солома озимой ржи (4.5 т/га) + NPK. При заделке соломы добавили азот 8 кг/т соломы. Минеральные удобрения под озимую рожь – N60 (из них N30 до посева, N30 весной в подкормку) и P40K60 осенью под яблечную вспашку, под ячмень – N30P40K40, яровую пшеницу – N30P60K60. Под клевер удобрения не вносили. Опыт проводили в 2-х закладках. Урожайность сидератов в севооборотах 1-й закладки составила: викоовсяной смеси (С.3) в 2000 г. – 36.8, клевера 1-го г.п. (С. 4) в 2001 г. – 30.5 т/га; во 2-й закладке урожайность клевера 1-го г.п. (С.4) в 2001 г. – 22.9, в 2002 г. – 29.6 т/га. Повторность опыта – четырехкратная. В данном опыте проводили определение биологической активности почвы аппликационным методом по интенсивности разложения льняного (в нашем опыте хлопчатобумажного) полотна [23]. В первой декаде июня ткань размером 20 × 5 см взвешивали и прикрепляли к полоске полиэтиленовой пленки. На деланках в четырехкратной повторности их закапывали на глубину 15–20 см и отмечали кольшками. Для периодического контроля в одном варианте закладывали дополнительно 3 полотна. В связи с засушливыми условиями в июне–июле полотна выдерживали в почве в течение 60 сут. После отмывания и просушивания их взвешивали. По разности массы до и после закладки определяли убыль сухой массы ткани.

Статистическую обработку численности микроорганизмов и биологической активности почвы провели по методу дисперсионного анализа [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В звене севооборота горох–озимая рожь–ячмень солома оказала положительное влияние на развитие микрофлоры в почве (табл. 2). Возрастаю общее количество микробиоты, актиномицетов, грибов и целлюлозных микроорганизмов. Однако прохладная погода и недостаток влаги в почве, а также бесподстилочный (жидкий) навоз, внесенный в качестве азотного удобрения, сдерживали их размножение. Например, на фоне жидкого навоза в варианте с соломой бактерий, определяемых на МПА, лишь под первой культурой – горохом доказуемо было больше, чем без соломы: 18.5 против 15.6 млн/г абсолютно сухой почвы (а.с.п.) при $HCP_{05} = 2.1$. Существенного ро-

Таблица 1. Севообороты с видами пара и сидеральными культурами

Севооборот, №	Вид севооборота	Вид пара	Сидеральная культура
С.1	Парозернотравяной (2 года клевера), контроль	Чистый	—
С.2	Парозернотравяной (2 года клевера)	Занятый	Викоовсяная смесь на зеленый корм
С.3	Парозернотравяной (1 год клевера)	Сидеральный	Викоовсяная смесь, пожнивню озимая рожь
С.4	Парозернотравяной (1 год клевера)	Сидеральный	Клевер 1-го г.п.

ста численности актиномицетов, грибов и целлюлозных бактерий не последовало. В разложении соломы группы микроорганизмов в основном принимали участие в последующие годы. На 2-й год под озимой рожью численность бактерий, определяемых на МПА, возросла с 17.4 до 25.4 млн/г а.с.п. по сравнению с первым годом, количество актиномицетов увеличилось с 2.9 до 24.1 млн/г а.с.п., численность грибов с 5.1 до 29.6, численность целлюлозных бактерий — с 5.1 до 29.6 тыс./г а.с.п. На фоне применения минеральных удобрений (НРК) количество бактерий на МПА увеличилось в первом последствии соломы под озимой рожью с 19.7 до 28.6 млн/г а.с.п., грибов — с 20.0 до 29.1 и целлюлозных бактерий — с 23.8 до 33.4 тыс./г а.с.п., но уменьшилась численность актиномицетов с 35.0 до 18.4 млн/г а.с.п. Эти данные согласуются с результатами исследований [2], описанных в научной литературе.

Существенные различия численности микроорганизмов отмечали по годам. Под первой культурой (горохом) на фоне минеральных удобрений количество микроорганизмов, выращенных на мясопептонном агаре (МПА), актиномицетов, грибов и целлюлозоразлагающих бактерий как при применении соломы, так и без нее практически было одинаковым. На фоне бесподстилочного навоза + НРК в варианте с соломой увеличилось количество бактерий, определяемых на МПА на 18.6% (с 15.6 до 18.5 млн/г а.с.п.) и актиномицетов — на 75.0% (с 2.4 до 4.2 млн/г а.с.п.). Почти не изменилось количество грибов и целлюлозных бактерий. При совместном внесении соломы с минеральными удобрениями повышение численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (на среде КАА), могло свидетельствовать о преобладании минерализационных процессов над аккумулятивными, что не способствовало закреплению органического вещества в почве [25].

На 2-й год под озимой рожью численность изученных микроорганизмов существенно воз-

росла по сравнению с первым годом: в варианте без соломы за счет применения минеральных удобрений, в варианте с соломой за счет действия соломы, жидкого навоза в сочетании с минеральными удобрениями. Например, на фоне применения НРК в первый год последствия соломы увеличилось количество бактерий на МПА с 19.7 до 28.6 млн/г а.с.п. (на 45.2%), грибов — с 20.0 до 29.1 (на 45.5%) и целлюлозных бактерий — с 23.8 до 33.4 тыс./г а.с.п. (на 40.3%), и уменьшилось число актиномицетов с 35.0 до 18.4 млн/г а.с.п. (на 47.4%). На фоне применения жидкого навоза с добавлением НРК также отмечено увеличение численности микроорганизмов: грибов — с 33.1 до 36.3 (на 9.7%), целлюлозных бактерий — с 11.4 до 21.6 (на 89.5%), актиномицетов — с 19.8 до 55.2 млн/г а.с.п. (на 179%), тогда как численность бактерий на МПА снизилась с 31.0 до 22.2 млн/г а.с.п. (на 28.4%).

Под 3-й культурой (ячменем) на обоих фонах существенно снизилось количество бактерий, выращенных на МПА, по сравнению с предыдущим годом (с 25.4 до 6.1 млн/г а.с.п. в среднем). В то же время увеличилось количество грибов и целлюлозоразлагающих бактерий с 29.6 до 41.5 и с 22.6 до 60.4 тыс./г а.с.п. соответственно. Численность актиномицетов практически не изменилась (24.1–25.8 млн/г а.с.п. в среднем). На 2-й год последствия соломы под ячменем на фоне НРК произошло дальнейшее увеличение количества микроорганизмов относительно к первому ее последствию под озимой рожью: актиномицетов — с 18.4 до 26.4, грибов — с 29.1 до 42.7 и целлюлозоразлагающих бактерий — с 33.4 до 68.8, но уменьшилось количество бактерий на МПА с 28.6 до 7.2 млн/г а.с.п. На фоне применения жидкого навоза + НРК также наблюдали снижение численности бактерий на МПА (с 22.2 до 5.1 млн/г а.с.п.). Кроме того, снизилось и количество актиномицетов (с 55.2 до 32.8 млн/г а.с.п.), а также грибов на уровне тенденции — с 36.3 до 35.0 тыс./г

Таблица 2. Численность микроорганизмов в звене севооборота с внесением соломы (среднее в 2-х закладках опыта 1977–1980 гг.)

Культура (фактор А)	Фон (фактор Б)	Вариант (фактор В)	Бактерии на МПА			Актиномицеты			Грибы			Целлюлозные бактерии		
			млн./г а.с.п.						тыс./г а.с.п.					
			В	Ф	К	В	Ф	К	В	Ф	К	В	Ф	К
Горох	НРК	Без соломы	17.8	17.8	17.4	2.6	2.5	2.9	5.7	5.4	5.1	3.8	4.5	5.1
		Солома	17.8			2.4			5.1			5.2		
	Жидкий навоз + НРК	Без соломы	15.6	17.0		2.4	3.3		4.8	4.8		6.0	5.7	
		Солома	18.5			4.2			4.7			5.4		
Озимая рожь	НРК	Без соломы	19.7	24.2	25.4	35.0	10.7	24.1	20.0	24.6	29.6	23.8	28.6	22.6
		Солома	28.6			18.4			29.1			33.4		
	Жидкий навоз + НРК	Без соломы	31.0	26.6		19.8	37.5		33.1	34.7		11.4	16.5	
		Последствие соломы	22.2			55.2			36.3			21.6		
Ячмень	НРК	Без соломы	8.4	7.8	6.1	23.7	25.0	25.8	40.0	41.4	41.5	57.4	63.1	60.4
		Последствие соломы	7.2			26.4			42.7			68.8		
	Жидкий навоз + НРК	Без соломы	3.8	4.4		20.5	26.6		48.1	41.6		55.4	57.6	
		Последствие соломы	5.1			32.8			35.0			59.9		
Среднее в звене севооборота	НРК	Без соломы	15.3	16.6	6.3	20.4	18.0	20.2	21.9	23.8	28.9	28.3	32.0	29.3
		Солома	17.9			15.7			25.6			35.8		
	Жидкий навоз + НРК	Без соломы	16.8	16.0		14.2	22.4		28.7	34.0		24.3	26.6	
		Солома	15.3			30.7			39.4			29.0		
НСР ₀₅	для вариантов/фонов/культур		2.1	2.3	2.4	0.9	1.1	1.2	4.5	4.9	4.8	3.0	3.2	3.8

а.с.п.), но резко увеличилась численность целлюлозных бактерий (с 21.6 до 59.9 тыс./г а.с.п.).

Что касается использования в звене севооборота совместно с соломой бесподстильного навоза, данные о нем свидетельствуют как о вполне конкурирующем с минеральными удобрениями (НРК) субстрате. В сочетании с НРК бесподстильный навоз увеличил количество актиномицетов с 18.0 до 22.4 млн/г а.с.п. (на 24.4%) и грибов с 23.8 до 34.0 тыс./г а.с.п. (на 42.8%) по сравнению с внесением одних НРК-удобрений. Однако в 3-летнем звене севооборота в сравнении с минеральным фоном он сдерживал развитие целлюлозоразлагающих бактерий, о чем свидетельствовало снижение их численности в среднем с 32.0 до 26.6 тыс./г а.с.п. (на 16.9%). В результате внесения минеральных удобрений (НРК), соломы и бесподстильного навоза под первую культуру количество бактерий, определяемых на МПА, увеличилось под 2-й культурой на 46.0% и уменьшилось под 3-й культурой на 65.0%. Во всех остальных группах микроорганизмов происходило увеличение их численности на 2-й и 3-й годы

под культурами звена севооборота: актиномицетов соответственно в 8.3 и 8.9, грибов – в 5.8 и 8.1 и целлюлозоразлагающих бактерий – в 4.4 и 11.8 раза.

Солома и послеуборочные остатки злаковых культур являются энергетическим материалом для микроорганизмов. Об этом свидетельствуют данные, полученные в 2004–2006 гг. в звене севооборота клевер 1-го г.п. клевер 2-го г.п.–озимая рожь (севообороты С.1 и С.2) и в звене севооборота озимая рожь–ячмень–яровая пшеница + клевер (севообороты С.3 и С.4) по разложению хлопчатобумажной ткани (табл. 3). Внесение соломы озимой ржи на фоне без навоза способствовало повышению биологической активности почвы в звене севооборота. Разложение ткани в варианте с соломой шло лучше, чем без ее внесения в севооборотах С.1 с чистым, С.2 – занятым парами и в севообороте С.3 с сидеральным викоовсяным паром. В севообороте С.4 наблюдали влияние сидерата – клевера, который увеличил степень разложения ткани в вариантах без удобрений и с внесением соломы в сочетании с минеральными

Таблица 3. Влияние навоза, соломы и минеральных удобрений на разложение хлопчатобумажной ткани (среднее для культур* за 2004–2006 гг.), %

Фон	Вариант	Севооборот				Среднее	±
		С.1	С.2	С.3	С.4		
Без навоза	1. Без удобрений	10.2	14.0	15.5	18.4	14.5	–
	2. N41P28K32	11.6	13.9	12.7	14.6	13.2	–1.3
	3. Солома (Сол)	12.2	17.0	16.4	14.6	15.0	0.5
	4. Сол + N41P28K32	21.4	22.9	13.6	17.5	18.8	4.3
	Среднее	13.8	17.0	14.6	16.3	15.4	–
Навоз	1. Без удобрений	14.9	15.6	14.1	17.4	15.5	–
	2. N41P28K32	16.8	20.4	21.8	16.8	19.0	3.5
	3. Солома (Сол)	13.2	18.6	12.3	11.9	14.0	–1.5
	4. Сол + N41P28K32	17.2	26.3	11.8	13.5	17.2	1.7
	Среднее	15.5	20.2	15.0	14.5	16.4	–
± от навоза		+1.7	+3.2	+0.4	–1.8	+1.0	–

*HCP*₀₅ вариантов – 0.23

фонов – 0.32

частных различий – 0.46

*Клевер 1-го г.п.–клевер 2-го г.п.–озимая рожь (С.1, С.2), озимая рожь–ячмень–яровая пшеница + клевер (С.3, С.4).

удобрениями. На унавоженном фоне внесение соломы снизило биологическую активность почвы в севооборотах по сравнению с вариантом без удобрений (контролем). Навоз, являясь наиболее благоприятным субстратом для расселения микрофлоры, в первоочередном порядке подвергался минерализации микроорганизмами, а солома разлагалась в течение более длительного периода времени – на 2-й–3-й годы после ее внесения. В первый год внесения разложение соломы только начиналось. Что касается сидерата, (табл. 3), в севообороте С.4 с внесением зеленой массы клевера разложение ткани на фоне навоза ослабло (14.5 в среднем против 16.3% на фоне без навоза).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение соломы в качестве органического удобрения способствовало повышению биологической активности дерново-подзолистой суглинистой почвы. Увеличивалась численность почвенных микроорганизмов, в результате чего происходила активная минерализация органического вещества. Установлена смена видового состава микроорганизмов в звене севооборота горох–озимая рожь–ячмень по годам. Интенсивность их развития находилась в зависимости от фона с удобрениями. При осенней заделке соломы на фоне внесения минеральных удобрений (NPK) уже в почве под первой культу-

рой целлюлозных бактерий было больше на 36.8% (5.2 против 3.8 тыс./г а.с.п.), чем в контроле без соломы. Тогда как бактерии, определяемые на МПА, актиномицеты и грибы не реагировали на внесение соломы. На фоне внесения жидкого навоза + NPK в варианте с соломой количество целлюлозных бактерий уменьшилось (на 10%), но отмечено увеличение численности бактерий на МПА (на 18.6%) и особенно актиномицетов (на 75%), без изменения осталась численность грибов. На 2-й год при первом последствии соломы на фонах NPK и жидкого навоза + NPK увеличилась численность всех определяемых групп микроорганизмов по сравнению с предыдущим годом. Однако количество актиномицетов при первом последствии соломы было значительно меньше, чем в варианте без ее внесения, снизилось также количество бактерий, определяемых на МПА. На 3-й год на обоих фонах увеличилась численность грибов и целлюлозоразлагающих бактерий, отмечено существенное снижение количества бактерий, выращенных на МПА, по сравнению с предыдущим годом. Количество актиномицетов осталось на прежнем уровне. Использование бесподстилочного навоза в качестве фона совместно с соломой в звене севооборота сдерживало развитие целлюлозоразлагающих бактерий в сравнении с минеральным фоном (NPK) в среднем на 16.9% (снижение с 32.0 до 26.6 тыс./г а.с.п.), что свидетельствовало о мине-

рализации соломы по схеме медленного разложения с прохождением стадии гумификации. Метод аппликаций также показал, что солома повышала биологическую активность почвы. Разложение хлопчатобумажной ткани в варианте с соломой шло лучше, чем без ее внесения в севооборотах с чистым, занятым и сидеральными (викоовсяным и клеверным) парами. На фоне твердого навоза разложение соломы замедлилось, поскольку навоз подвергался быстрой минерализации, а солома – в течение более длительного времени.

Таким образом, на дерново-подзолистых суглинистых почвах республики использование в севооборотах биоресурсов (соломы, сидератов, твердого, жидкого навоза) является важнейшим условием повышения плодородия почвы и продуктивности культур. Размещать их рекомендуется в севооборотах с чередованием культур с одним или двумя годами пользования клевера. С одним годом: 1 – пар сидеральный (сидерат, навоз твердый или жидкий), 2 – озимая рожь (содома), 3 – ячмень, 4 – яровая пшеница + клевер, 5 – клевер 1-го г.п., 6 – озимая рожь (содома), 7 – ячмень, 8 – овес. С двумя годами: 1 – пар сидеральный (сидерат, навоз твердый или жидкий), 2 – озимая рожь (содома), 3 – ячмень + клевер, 4 – клевер 1-го г.п., 5 – клевер 2-го г.п., 6 – озимая рожь (солома), 7 – ячмень, 8 – овес.

Использование биоресурсов в севооборотах с сидеральными парами имеет ряд преимуществ перед традиционными севооборотами с занятым и черным парами. Прежде всего, почва обогащается органическим веществом. Внесение соломы замедляет процесс минерализации органического вещества, повышает его запасы. Навоз в сочетании с сидератами и соломой обогащает почву доступными питательными веществами. Использование биоресурсов в сочетании с невысокими дозами минеральных удобрений порядка N30–60P40K40 обеспечивает ресурсосбережение. Теоретической основой использования биоресурсов в севооборотах с сидеральными парами являются противоположно направленные закономерности, установленные исследованиями. С одной стороны, почва обогащается органическим веществом, в результате чего повышается биологическая активность в ней, усиливается минерализация органического вещества. С другой стороны, солома и пожнивные растительные остатки замедляют процесс минерализации органического вещества и обеспечивают воспроизводство плодородия почвы. Поэтому в составе комплекса биоресурсов необходимо наличие соломы как средства, замедляющего процесс минерализации органического вещества почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Еськов А.И.* Улучшить использование соломы в сельском хозяйстве // Земледелие. 2000. № 6. С. 24–25.
2. *Попов А.В., Аврова Н.П.* Биологизация земледелия в Северо-Западной зоне // Земледелие. 2001. № 3. С. 16–17.
3. *Дзюин А.Г., Горчев А.А., Дзюин Г.П.* Влияние торфо-навозного компоста на продуктивность севооборота и содержание гумуса в почве // Современному земледелию – адаптивные технологии: тр. науч.-практ. конф. Ижевск, 2001. С. 57–58.
4. *Ряховский А.В.* Роль органических удобрений в земледелии // Земледелие. 1994. № 3. С. 23–24.
5. *Алиев Ш.А., Шакиров В.З.* Биологизация земледелия – требование времени // Агротех. вестн. 2000. № 4. С. 21–23.
6. *Еськов А.И., Новиков М.Н., Мерзлая Г.Е.* Состояние и перспективы исследований по повышению плодородия почв и эффективному использованию органических удобрений // Бюл. ВИУА. 2001. № 114. С. 7–10.
7. *Верниченко Л.Ю., Мищустин Е.Н.* Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур // Использование соломы как органического удобрения. М.: Наука, 1980. С. 3–33.
8. *Гурьев Г.П., Мищустин Е.Н.* Эффективность использования соломы как органического удобрения // Использование соломы как органического удобрения. М.: Наука, 1980. С. 156–170.
9. *Русакова И.В., Еськов А.И.* Оценка влияния длительного применения соломы на воспроизводство органического вещества дерново-подзолистой почвы // Докл. РАСХН. 2011. № 5. С. 28–31.
10. *Кольбе Г., Шумпе М.* Солома как удобрение М.: Колос, 1972. 87 с.
11. *Кураченко Н.Л.* Участие лабильного органического вещества в образовании водопрочной структуры чернозема оподзоленного Средней Сибири // Криопедология–1997: 2-я Международ. конф. Сыктывкар, 1997. С. 67–68.
12. *Пшебельский В.В., Гаврилюк М.С.* Органическое удобрение в свекловичном севообороте // Использование соломы как органического удобрения. М.: Наука, 1980. С. 186–191.
13. *Доспехов Б.А., Васильев Д.В., Усманов Р.Р.* Действие удобрения соломой на плодородие дерново-подзолистых почв при разных системах ее обработки в севообороте // Использование соломы как органического удобрения. М.: Наука, 1980. С. 144–156.
14. *Стейнифорт А.Р.* Солома злаковых культур. М.: Колос, 1983. 189 с.
15. *Пегова Н.А., Холзаков В.М.* Влияние соломы и системы зяблевой обработки почвы на ее плодородие и продуктивность севооборота // Научное обеспечение стратегии адаптивной интенсификации АПК на Северо-Востоке Нечерноземной зоны Российской Федерации: мат.-лы регион. науч.-практ. конф. Марийского НИИСХ РАСХН 24–29 июня 2007 г. Руэм, 2007. С. 59–64.

16. *Азров О.Е., Мороз З.М.* Использование соломы в сельском хозяйстве. Л.: Колос, 1979. 200 с.
17. *Кононова М.М.* Органическое вещество почвы. М.: АН СССР, 1963. 313 с.
18. *Владыкина Н.И.* Активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов дерново-подзолистой почвы в севообороте // Мат-лы регион. совещ. научн. учреждений – участников Геосети Северо-Восточного и Уральского регионов “Состояние и пути повышения эффективности агрохимических исследований в Северо-Восточном и Уральском регионах” (г. Пермь, 3–5 июля 2013 г.). М.: ВНИИА, 2013. С. 12–15.
19. *Надежкин С.М., Корягин Ю.В., Корягина Н.В.* Накопление и разложение биомассы зеленого удобрения в почвенно-климатических условиях Среднего Поволжья // Бюл. ВИУА. 2001. № 114. С. 132–133.
20. *Возняковская Ю.М., Попова Ж.П., Петрова Л.Г.* Сидеральные удобрения – регуляторы почвенно-микробиологических процессов в условиях почво-утомления // Докл. ВАСХНИЛ. 1988. № 2. С. 6–9.
21. *Бегей С.В., Шувар И.А.* Промежуточные культуры и плодородие почвы // Земледелие. 1991. № 3. С. 32–33.
22. *Кормилицын В.Ф.* Значение сидерации в воспроизводстве плодородия темно-каштановой почвы Поволжья в условиях орошения // Докл. ВАСХНИЛ. 1988. № 10. С. 21–24.
23. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями (Методика проведения опытов и анализа почв) / Под ред. В.Д. Панникова. Ч. 1. М., 1975. 167 с.
24. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
25. *Русакова И.В.* Изучение экологического состояния микробного сообщества дерново-подзолистой почвы при длительном применении соломы и минеральных удобрений // Международ. журн. прикл. и фундамент. исслед. 2018. № 6. С. 120–124.

Effect of Straw in Combination with Mineral, Organic and Sideral Fertilizers on the Biological Activity of the Soil

A. G. Dzyuin

*Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
ul. T. Baramzina 34, Izhevsk 426067, Russia*

E-mail: ugnish-nauka@yandex.ru

In the Udmurt Research Institute on sod-podzolic loamy soil, experiments were carried out using winter rye straw and siderates for fertilizer. In 1977–1980, studies were conducted in the pea – winter rye – barley crop rotation link (experiment 1) against the background of 1 – mineral fertilizers, in total for 3 years, N320P310K190 was introduced and against the background of 2 – without bedding manure 150 t/ha. To clarify the process of decomposition of straw, the composition and number of microorganisms were determined. In 2001–2008 the research was conducted in 8-full crop rotations (experiment 2): factor *A* (types of steam) – pure, busy, sideral, as sideral crops were vetch-oat mixture, green mass of winter rye, clover of the 1st year of use; factor *B* (backgrounds): 1 – without fertilizers, 2 – manure 40 t/ga; factor *C* (variants): 1 – without fertilizers, 2 – NPK, 3 – straw, 4 – straw + NPK. When sealing straw, 8 kg N/t of straw was added. The biological activity of the soil was determined by the application method. In experiment 1, straw contributed to an increase in the number of soil microorganisms. In the soil under the crops of the crop rotation link, their species composition changed. Under the sowing of peas, cellulose bacteria were 36.8% (5.2 vs. 3.8 thousand/g of absolutely dry soil) more than in the version without straw. The number of bacteria detected on MPA, actinomycetes and fungi has not changed. Against the background of the use of liquid manure + NPK in the straw variant, an increase in the number of bacteria per MPA (by 18.6%) and actinomycetes (by 75%) was noted in the first year, the number of cellulose bacteria decreased (by 10%), the number of fungi did not change. In the 2nd year, the number of detectable groups of microorganisms on both backgrounds increased compared to the first year. In the 3rd year, the number of fungi and cellulose-decomposing bacteria increased on both backgrounds, but the number of bacteria per MPA decreased. The use of without bedding manure together with straw in the link of crop rotation restrained the development of cellulose-decomposing bacteria in comparison with the mineral background by an average of 16.9%, which indicated the mineralization of straw according to the scheme of slow decomposition. In crop rotations with clean, busy and sideral pairs (experiment 2), the decomposition of cotton fabric in the variant with straw went better than without its introduction. When applying solid manure, the decomposition of straw slowed down because it was subjected to faster mineralization than straw. In crop rotations with sideral pairs and clover, the introduction of straw provided an increase in soil fertility.

Key words: winter rye straw, mineral and sideral fertilizers, liquid, solid manure, crop rotation link, 8-full crop rotation, number and composition of microorganisms.