

Гонор выше допустимого значения на 17 %, что впоследствии может негативно сказаться на потребительских характеристиках продукции пивоваренного производства.

Экстрактивность зерна исследуемых сортов ячменя находится в пределах 75,4-79,9 %. В то время как этот показатель должен составлять 80 %. Наиболее близкими к требуемому значению экстрактивности зерна являются сорта Чакинский 221 и Квенч 79,5 % и 79,9 % соответственно.

Обобщение проведенных исследований позволяет рекомендовать новые сорта пивоваренного ячменя к возделыванию в условиях Тамбовской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бельская, Г. В. Исходный материал для селекции пивоваренного ячменя в Центрально-Черноземной зоне / Г. В. Бельская, Д. В. Кобылянский // Агро XXI. – 2007. – № 4-6. – С. 20-22.
2. Дмитриев, В. Е. Динамика формирования продуктивного стеблестоя / В. Е. Дмитриев // Зерновое хозяйство, 2006. – №7. – С. 72.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 423 с.
4. Куляев, А. В. Роль сорта ячменя ярового и приемов агротехники в формировании урожая и его качества в условиях Тамбовской области / А. В. Куляев, А. К. Шиповский // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 2. – С. 31-32.
5. Мазурова, С. В. Сравнительная продуктивность яровых зерновых / С. В. Мазурова, Н. А. Родина, М. В. Грибков // Зерновое хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 19-21.
6. Растениеводство Центрально-Черноземного региона / Под ред. В. А. Федотова, В. В. Колмейченко. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 1998. – 464 с.

УДК 631.5:631.461:631.445.4:633.11.324:633.3

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ НА ДИНАМИКУ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КОРМОВЫХ БОБОВ

Припутнева М. А.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»

г. Курск, Российская Федерация

***Аннотация.** Исследования проводили в 2020-2021 гг. на черноземе типичном слабоэродированном Курской области с целью изучения сезонной динамики содержания углерода микробной биомассы (Смб) в слоях 0-10 и 10-20 см при применении азотных удобрений и микробиологических препаратов Грибофит и Имуназот. Установлено, что во всех вариантах опыта и в обоих почвенных слоях Смб проявлял характерную сезонную динамику: снижение в летний период вегетации с последующим восстановлением к осени. Выявлена тенденция к повышению значений средних значений Смб с мая по октябрь в 2020-2021 гг. при применении агrobiотехнологий с биопрепаратами без и совместно с азотными*

удобрениями по сравнению с контролем и вариантом с азотными удобрениями. Межгодовое сравнение выявило смену культуры-доминанта в формировании микробного пула: если в 2020 г. преимущество агробиотехнологии-2 было наиболее выраженным, то в 2021 г. под озимой пшеницей влияние биопрепаратов проявлялось более равномерно между вариантами 3 и 4. Изменение содержания микробной биомассы в черноземе типичном слабоэродированном носит синусоидальный характер.

Summary. Research was conducted in 2020-2021 on a typical slightly eroded chernozem soil in the Kursk region in order to study the seasonal dynamics of microbial biomass carbon (MBC) content in the 0-10 and 10-20 cm layers when using nitrogen fertilizers and the microbiological preparations Gribofit and Imunazot. It was established that in all experimental variants and in both soil layers, MBC showed a characteristic seasonal pattern: a decrease during the summer vegetation period followed by recovery in autumn. A trend was revealed toward increased average MBC values from May to October in 2020-2021 when using agrobiotechnologies with biological preparations, both without and in combination with nitrogen fertilizers, compared with the control and the variant with nitrogen fertilizers alone. An interannual comparison revealed a shift in the dominant crop in the formation of the microbial pool: while in 2020 the advantage of agrobiotechnology-2 was most pronounced, in 2021 under winter wheat the effect of the biological preparations was more evenly distributed between variants 3 and 4. Changes in the microbial biomass content in typical slightly eroded chernozem follow a sinusoidal pattern.

Ключевые слова: микробная биомасса, микробиологические препараты, агробиотехнология, Грибофит, Имуназот, кормовые бобы, озимая пшеница, растительные остатки сельскохозяйственных культур.

Key words: microbial biomass, microbiological preparations, agrobiotechnology, gribophyte, imunazot, feed beans, winter wheat, plant residues of crops.

В настоящее время постоянно возрастающая интенсификация земледелия при недостаточном внесении органических удобрений приводит к снижению содержания органического углерода в почве. В результате происходит значительное ухудшение плодородия почв. Органическое вещество является основой почвенного плодородия, от его содержания и состава зависит весь комплекс почвенных свойств.

Микробная биомасса – важный живой и лабильный компонент почвы, через нее проходит весь органический материал, поступающий в почву [10]. Углерод микробной биомассы (С_{мб}) является одним из наиболее чувствительных индикаторов биологического состояния почвы, отражающим реакцию почвенного микробиоценоза на изменения условий среды, агротехнические приемы и характер поступления органического вещества значительно раньше, чем изменяется общее содержание органического углерода [3]. Будучи живым компонентом почвенного органического вещества (ПОВ), микробная биомасса составляет 1–5 % от общего запаса углерода в почве, однако ее роль в процессах трансформации,

минерализации и гумификации органического вещества является ключевой [2]. Поэтому изучение этого показателя актуально при изучении влияния агробиотехнологий с использованием микробиологических препаратов на органическое вещество и структурное состояние черноземов.

Перспективным направлением является использование микробиологических препаратов на основе грибов рода *Trichoderma* (Грибофит) и ризосферных бактерий *Pseudomonas* (Имуназот), которые, по данным ряда исследований, способствуют не только ускорению деструкции растительных остатков и снижению фитотоксичности, но и активизации почвенного микробоценоза [4, 9]. Вместе с тем вопрос о влиянии комплексного применения биопрепаратов и минерального азота на сезонную динамику микробной биомассы в различных слоях пахотного горизонта чернозема типичного при смене культур в севообороте остается недостаточно изученным.

Целью исследования являлось изучение сезонной динамики содержания углерода микробной биомассы в черноземе типичном слабоэродированном при применении различных агробиотехнологий в звеньях зернопропашного севооборота «кормовые бобы-озимая пшеница».

Исследования проводились на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область Медвенский район п. Панино) на склоне северной экспозиции крутизной до 3° в научно-производственном опыте на поле 1 – в четырехпольном зернопропашном севообороте (ячмень – гречиха – кормовые бобы- озимая пшеница). Технология возделывания сельскохозяйственных культур была общепринятой в регионе. Опыт заложен в трехкратной повторности в соответствии с общепринятыми методиками [4], площадь делянки 240 м² (40 м х 6 м). Схема опыта включает следующие варианты: вариант 1 – контроль – измельченные растительные остатки сельскохозяйственной культуры без обработки биопрепаратами; вариант 2 – измельченные растительные остатки сельскохозяйственной культуры + 10 кг N д.в. на 1 т соломы; вариант 3 – обработка биопрепаратами семян, почвы перед посевом, посевов 2 раза в течение вегетации, после уборки урожая обработка измельченных растительных остатков сельскохозяйственной культуры микробиологическими препаратами (Грибофитом (5 л/га) + Имуназотом (3 л/га)) (агробиотехнология-1), без фунгицидов; вариант 4 – агробиотехнология-1 + 10 кг N д.в. на 1 т измельченных растительных остатков (агробиотехнология-2). Без фунгицидов.

Заделку растительных остатков в почву проводили дисковыми боронами на глубину 10-12 см (биологически активный слой почвы). Обработку биопрепаратами почвы перед посевом, посевов и измельченных растительных остатков проводили опрыскивателем ОП-2000/24, предпосевную обработку семян – ранцевым опрыскивателем, затем семена,

перемешивая, просушивали в тени. Аммиачную селитру вносили навесным разбрасывателем РН-0,8. Микробиологические препараты, исследуемые в опыте: Грибофит – это экологически безопасный биофунгицид, стимулирует рост и развитие растений с помощью выделяемых ауксинов. Является биодеструктором соломы, активно разлагает органические соединения, принимает участие в процессах аммонификации и нитрификации, способствует гумусообразованию. Препарат содержит споры и мицелий гриба *Trichoderma*, а также, продуцируемые грибом в процессе производственного культивирования, биологически активные вещества (антибиотики, ферменты, витамины, фитогормоны); Имуназот – биофунгицид системного действия, на основе ризосферных бактерий *Pseudomonas*. Противогрибковая и бактерицидная (уничтожение колоний патогенных бактерий) активность бактерий обусловлена синтезированием антибиотиков – производных феназина и пирролнитрина. Обладает ростостимулирующей активностью, повышает всхожесть и энергию прорастания семян, улучшает минеральное питание растений, повышает устойчивость растений к перепадам температуры, ускоряет процесс разложения пожнивных остатков и т.д. [1, 8].

Объект исследования – чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое составляло $4,98 \pm 0,15 \%$, реакция почвенной среды – нейтральная.

Определение содержания углерода микробной биомассы (Смб) проводили в свежих почвенных образцах регидратационным методом с использованием для расчета $K_c = 0,25$ [6]. Отбор смешанных почвенных образцов осуществлялся по диагонали делянок из 5 точек буром в слоях 0-10 см и 10-20 см перед посевом сельскохозяйственных культур, в период наибольшей биологической активности (май-июнь), после уборки урожая сельскохозяйственной культуры (перед заделкой растительных остатков) и через 30-60 дней после заделки растительных остатков в почву [7].

Изучение динамики МБ в течение 20 апреля – 13 ноября 2020 года в пахотном слое (0-10 см) на всех вариантах опыта на поле с кормовыми бобами (сорт Стрелецкие, предшественник - гречиха) показало, что ее содержание изменялось в пределах 626-1207 мг/кг почвы (рисунок 1).

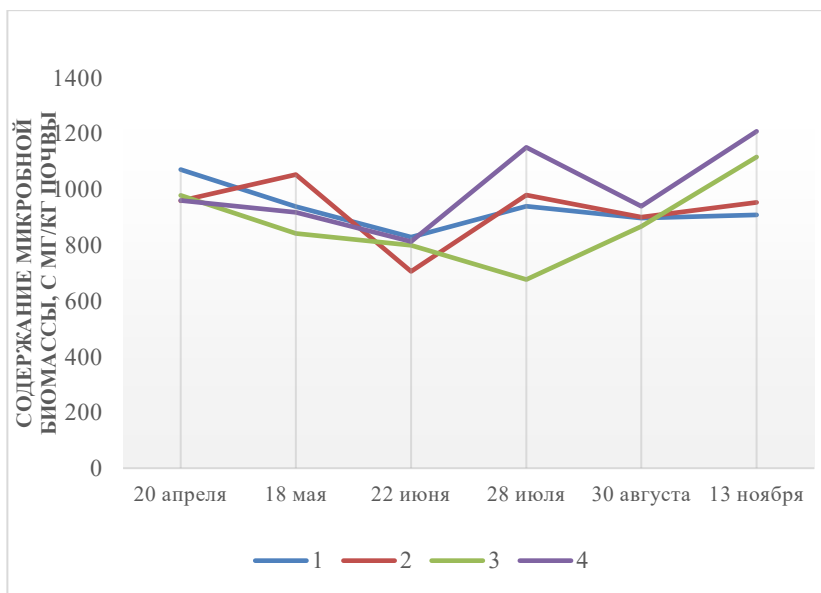


Рисунок 1 – Динамика микробной биомассы в черноземе типичном слабосмытом в слоях 0-10 см на поле с кормовыми бобами в 2020 году

Примечание – Варианты опыта: 1. Контроль – измельченная побочная продукция сельскохозяйственных культур (ПП); 2. ПП + 10 кг д.в. азота на 1 т ПП; 3. Обработка семян, почвы перед посевом, обработка посевов 2 раза в течение вегетации + измельченной побочной продукции после уборки урожая биопрепаратами (Грибофитом (5 л/га) + Имуназотом (3 л/га) (агробиотехнология-1); 4. Агробиотехнология-1 + N₁₀ на 1 т ПП (агробиотехнология-2)

В начале вегетации (20 апреля) значения Смб во всех вариантах находились на сопоставимо высоком уровне: 1070 мг/кг в контроле, 958, 977 и 959 мг/кг в вариантах 2, 3 и 4 соответственно. Относительно повышенное содержание микробной биомассы в контрольном варианте в весенний период может быть обусловлено активизацией сапротрофной микрофлоры при оттаивании почвы и минерализации лабильных органических соединений, накопленных за осенне-зимний период.

К 22 июня в период максимальной биологической активности во всех вариантах зафиксировано снижение Смб до минимальных или близких к минимальным значений: 828 мг/кг в контроле, 705 мг/кг в варианте 2, 799 мг/кг в варианте 3 и 812 мг/кг в варианте 4. Наиболее глубокий летний минимум отмечен в варианте с внесением измельченной побочной продукции + N₁₀ д.в. на 1 т (вариант 2), где снижение от весеннего значения составило 1,36 раза. Данное явление может объясняться тем, что

интенсификация минерализационных процессов при внесении минерального азота приводит к быстрому истощению легкодоступных углеродных субстратов и последующему сокращению микробного пула. Снижение С_{мб} в первой половине вегетации является закономерностью, неоднократно описанной для черноземов [Белоусов, Белоусова, 2020; Никитин и др., 2019] и связанной с конкуренцией корневой системы растений за доступные элементы питания, активной минерализацией ПОВ и перераспределением микробного углерода в метаболические процессы.

Во второй половине вегетации наблюдалось дифференцированное восстановление С_{мб} в зависимости от варианта опыта. К 28 июля наиболее интенсивный рост отмечен в варианте 4 (агробиотехнология-2), где содержание С_{мб} достигло 1150 мг/кг, что в 1,42 раза превышало июньский минимум и являлось максимальным значением среди всех вариантов и сроков наблюдений данного периода. Варианты 1 и 2 демонстрировали умеренное восстановление до 938 и 979 мг/кг соответственно. Примечательно, что в варианте 3 (агробиотехнология-1) к 28 июля зафиксировано дальнейшее снижение до абсолютного минимума 676 мг/кг, что, вероятно, связано с усилением конкурентных взаимодействий в микробном сообществе при отсутствии дополнительного источника азота.

К завершению наблюдений после заделки растительных остатков наибольшие значения микробной биомассы зафиксированы в вариантах с агробиотехнологиями 1 и 2: 1207 и 1115 мг/кг соответственно. Значение С_{мб} в варианте 4 превышало контроль (908 мг/кг) в 1,33 раза, а вариант 3 – в 1,23 раза. Столь значительное осеннее увеличение С_{мб} при применении микробиологических препаратов обусловлено, по всей видимости, интенсификацией микробной колонизации растительных остатков, обработанных препаратами Грибофит и Имуназот после уборки кормовых бобов, а также стимулирующим действием продуктов жизнедеятельности *Trichoderma* и *Pseudomonas* на почвенную микрофлору. Существенную роль в осеннем нарастании С_{мб} могло играть и фиксированное биологическим путем органическое вещество корневых и пожнивных остатков бобовой культуры, обогащенных азотом.

Сезонная динамика микробной биомассы в подпахотном слое воспроизводила основные закономерности, выявленные для вышележащего слоя, с рядом характерных особенностей (рис.2). Минимальные значения во всех вариантах отмечались 22 июня: 650 мг/кг в контроле, 626 мг/кг в варианте 2, 631 мг/кг в варианте 3 и 891 мг/кг в варианте 4. На варианте с применением микробиологических препаратов совместно с азотом июньский минимум (891 мг/кг) в 1,37–1,42 раза превышал минимальные значения остальных вариантов, что свидетельствует о проникновении стимулирующего эффекта комплексного применения биопрепаратов и минерального азота в нижележащие слои почвенного профиля.

Максимальное содержание Смб в слое 10–20 см зафиксировано в контрольном варианте в ноябре – 1142 мг/кг, что в 1,76 раза превышало июньский минимум. Данный факт может объясняться миграцией водорастворимых органических соединений, высвобождаемых при деструкции пожнивных остатков, в более глубокие слои, а также нисходящим перемещением микробной биомассы с осенними осадками. В варианте 4 июльский максимум в слое 10-20 см составил 1116 мг/кг, что в 1,45 раза превышало контроль в тот же срок (768 мг/кг), подтверждая эффективность агробиотехнологии-2 в поддержании высокого уровня микробиологической активности по всему пахотному горизонту.

Одновременно с динамикой МБ изучали изменение содержания влажности в почве. Выявлена сильная корреляционная связь содержания микробной биомассы с влажностью почвы при ее уровне в слое 0-10 см от 13,3 до 15,8 %, а в слое 10-20 см от 13,3 до 16,4 % коэффициент корреляции равен 0,72.

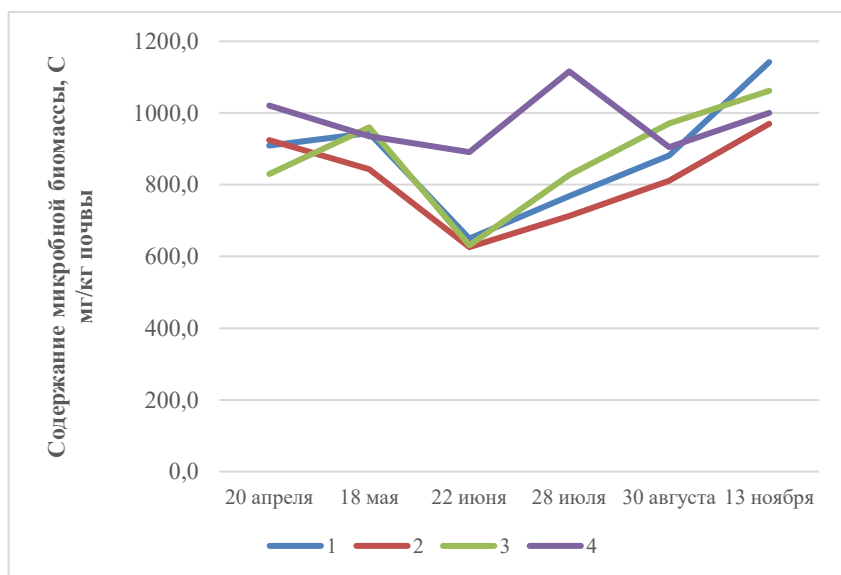
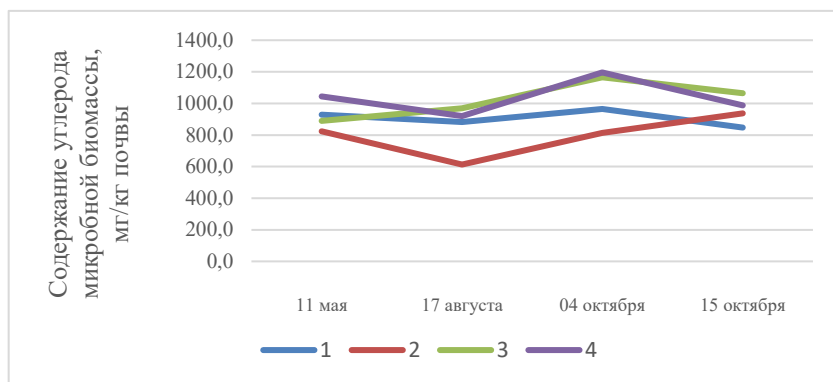


Рисунок 2. Динамика микробной биомассы в черноземе типичном слабосмытом в слоях 10-20 см на поле с кормовыми бобами в 2020 г.

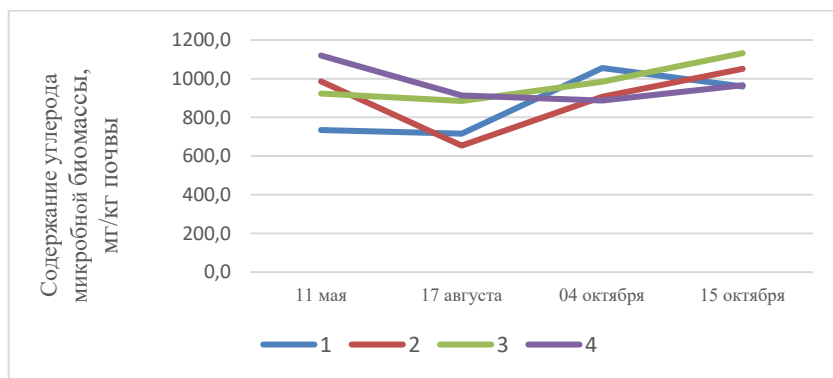
Примечание – Варианты опыта такие же, как на рисунке 1

Характер сезонных изменений Смб под озимой пшеницей отличался от выявленного под кормовыми бобами как по амплитуде колебаний, так и по вариантной дифференциации. В результате исследования динамики

Смб в мае-октябре 2021 года в слоях почвы 0-10 см и 10-20 см на поле с озимой пшеницей (сорт Леонида) установлено, что ее содержание изменялось в пределах 613-1196 мг/кг почвы (рисунок 3).



А



Б

Рисунок 3 – Динамика микробной биомассы в черноземе типичном слабосмытом в слоях 0-10 см (А) и 10-20 см (Б) на поле с озимой пшеницей в 2021 году

Примечание – Варианты опыта такие же, как на рисунке 1

В мае максимальное значение микробной биомассы в слое 0-10 см отмечено в варианте 4 – 1044,1 мг/кг, что в 1,12 раза превышало контроль. Вариант 2 (ПП + N10) демонстрировал наименьшее начальное значение – 823,2 мг/кг.

К 17 августа наблюдалась выраженная дифференциация вариантов. На контроле снижение было умеренным. Наиболее глубокий летний минимум зафиксирован в варианте 2 – 613 мг/кг, что в 1,34 раза ниже весеннего уровня и являлось абсолютным минимумом среди всех вариантов и сроков в 2021 г. для слоя 0-10 см. Данное снижение подтверждает ранее установленную закономерность: внесение минерального азота без биопрепаратов может приводить к наиболее глубокой депрессии микробного пула в летний период вследствие интенсификации минерализации. Напротив, в варианте 3 (агробiotехнология-1) содержание Сmb к августу возросло до 970 мг/кг (увеличение в 1,09 раза по сравнению с маем), что указывает на стабилизирующее и стимулирующее действие биопрепаратов на микробное сообщество в стрессовых летних условиях. Вариант 4 показал умеренное снижение до 920 мг/кг.

К 4 октября зафиксировано значительное увеличение Сmb в вариантах 3 и 4 – до 1165 и 1196 мг/кг соответственно, что в 1,21 и 1,24 раза превышало контроль. Данные значения являлись максимальными для слоя 0-10 см за весь период наблюдений 2021 г. Их приуроченность к послеуборочному периоду связана с массовым поступлением растительных остатков озимой пшеницы и их обработкой биопрепаратами, которые активизировали целлюлозолитическую и общую микробную активность. К 15 октября содержание Сmb несколько снизилось во всех вариантах, однако в варианте 3 (1064,9 мг/кг) и варианте 4 (988 мг/кг) оно по-прежнему существенно превышало контроль.

Следует отметить, что вариант 2 (ПП + N10) на протяжении большей части вегетационного периода 2021 г. в слое 0-10 см демонстрировал наименьшие значения Сmb среди всех вариантов (823,2 → 613,0 → 812,9 мг/кг), и лишь к 15 октября показал рост до 937 мг/кг. Устойчиво пониженный уровень микробной биомассы в данном варианте свидетельствует о том, что применение только минерального азота при утилизации побочной продукции без биопрепаратов не способствует поддержанию высокого уровня микробиологической активности почвы.

В слое 10-20 см под озимой пшеницей сезонная динамика Сmb характеризовалась более выраженными межвариантными различиями в весенний период по сравнению со слоем 0-10 см. В мае наибольшее значение отмечено в варианте 4 – 1119,7 мг/кг, что в 1,53 раза превышало контроль.

К 17 августа во всех вариантах произошло снижение Сmb. Наиболее глубокий минимум вновь отмечен в варианте 2 – 654,1 мг/кг (снижение от весеннего уровня в 1,51 раза). В вариантах 3 и 4 снижение было существенно менее выраженным: до 884,7 и 913,4 мг/кг соответственно (в 1,04 и 1,23 раза).

В осенний период после уборки урожая наибольшее содержание С_{мб} зафиксировано на вариантах с биопрепаратами без и с азотными удобрениями. Это может быть связано со спецификой разложения солоmistых остатков с широким отношением C:N: интродуцированные целлюлозолитические грибы *Trichoderma* обеспечивали более полную колонизацию труднодоступных субстратов, а дополнительное внесение минерального азота в варианте 4 могло стимулировать не только иммобилизацию, но и усиленную минерализацию свежесинтезированной микробной биомассы.

Анализ средневегетационных значений С_{мб} позволяет оценить интегральное воздействие изучаемых агробиотехнологий на микробный пул чернозема типичного, нивелируя краткосрочные сезонные флуктуации и выявить устойчивые тенденции, обусловленные характером агротехнических воздействий и биологическими особенностями возделываемых культур (рисунок 4).

В пахотном слое в 2020 г. под кормовыми бобами наибольшее среднее содержание С_{мб} за вегетационный период зафиксировано в варианте 4 (агробиотехнология-2) – 997 мг/кг, что в 1,11 раза превышало контроль (901 мг/кг). Варианты 2 (ПП + N10) и 3 (агробиотехнология-1) занимали промежуточное положение: 924 и 879 мг/кг соответственно. Примечательно, что средневегетационное значение С_{мб} в варианте 3 оказалось ниже контрольного на 2,4 %, что связано с глубоким летним минимумом в июле, снизившим интегральный показатель, несмотря на высокое осеннее значение. Данный факт подчеркивает, что применение только биопрепаратов без дополнительного азотного обеспечения сопровождается более выраженной внутрисезонной нестабильностью микробного пула.

В 2021 г. под озимой пшеницей вариантная дифференциация среднего содержания С_{мб} в слое 0-10 см сохранилась и усилилась. Максимальное значение вновь отмечено в варианте 4 – 1022,5 мг/кг, что в 1,13 раза превышало контроль и являлось наибольшим средневегетационным показателем среди всех вариантов, слоев и лет исследований. Вариант 2, напротив, демонстрировал наименьшее среднее значение – 796 мг/кг, уступая контролю на 12,0 %. Устойчиво пониженный средневегетационный уровень С_{мб} в варианте 2 под озимой пшеницей подтверждает, что изолированное применение минерального азота при утилизации побочной продукции не только не способствует поддержанию микробного пула, но может оказывать депрессирующее воздействие на микробную биомассу при возделывании злаковых культур с характерно широким отношением C:N солоmistых остатков.

Межгодовое сравнение в слое 0-10 см выявило разнонаправленную динамику по вариантам. В контроле среднее значение С_{мб} практически не изменилось (901 мг/кг в 2020 г. и 905 мг/кг в 2021 г., прирост менее

0,5 %). В варианте 4 произошло увеличение на 2,6 %, а в варианте 3 на 4,9 %, что свидетельствует о постепенном накоплении положительного эффекта микробиологических препаратов. Вариант 2, напротив, продемонстрировал снижение на 13,9 %, подтверждая негативную тенденцию, выявленную при анализе сезонной динамики.

В подпахотном слое в 2020 г. лидирующую позицию по среднему содержанию Сmb вновь занимал вариант 4, превышая контроль в 1,18 раза. Данное превышение было более выраженным, чем в слое 0-10 см (1,11 раза), что указывает на распространение стимулирующего эффекта агробиотехнологии-2 на всю глубину пахотного горизонта.

В 2021 г. тенденция к усилению положительного действия агробиотехнологий в слое 10-20 см стала еще более отчетливой. Максимальное среднее значение Сmb зафиксировано в варианте 4 – 1011,9 мг/кг, что в 1,17 раза превышало контроль. Примечательно, что вариант 2, демонстрировавший в слое 0-10 см наименьшие значения, в слое 10-20 см превышал контроль на 3,9 %. Это может объясняться нисходящей миграцией минерального азота с осадками в подпахотный слой, где он стимулировал микробную активность при наличии достаточных запасов органического субстрата.

Межгодовое сравнение в слое 10-20 см выявило устойчивую положительную динамику во всех вариантах опыта. Наиболее значительный прирост средневегетационного Сmb от 2020 к 2021 г. отмечен в вариантах 3 (с 880 до 986 мг/кг, увеличение на 12,0 %) и 2 (с 814 до 899 мг/кг, увеличение на 10,4 %). Вариант 4 показал увеличение на 3,5 %. Общее повышение средневегетационного содержания Сmb в слое 10-20 см в 2021 г. по сравнению с 2020 г. может быть связано с последствием корневых и пожнивных остатков кормовых бобов, обогативших нижнюю часть пахотного горизонта легкоминерализуемым органическим веществом.

Таким образом, анализ средневегетационных значений Сmb подтверждает и дополняет закономерности, выявленные при изучении сезонной динамики. Агробиотехнология-2 (совместное применение биопрепаратов Грибофит и Имуназот с минеральным азотом) устойчиво обеспечивала наибольшее среднее содержание Сmb в обоих слоях и в оба года исследований, при этом максимальное абсолютное значение зафиксировано в слое 0-10 см под озимой пшеницей в 2021 г. – 1022,5 мг/кг. Агробиотехнология-1 (только биопрепараты) демонстрировала нарастающий положительный эффект от 2020 к 2021 г., особенно в слое 10-20 см (прирост 12,0 %). Изолированное внесение минерального азота (вариант 2) оказывало неоднозначное воздействие: в слое 0-10 см под озимой пшеницей среднее содержание Сmb было минимальным (796 мг/кг, на 12 % ниже контроля), тогда как в слое 10-20 см отмечалось умеренное превышение контроля. Полученные данные свидетельствуют о том, что комплексное

применение микробиологических препаратов и минерального азота является наиболее эффективным приемом поддержания и накопления микробного углерода в пахотном горизонте чернозема типичного слабосмытого вне зависимости от возделываемой культуры.

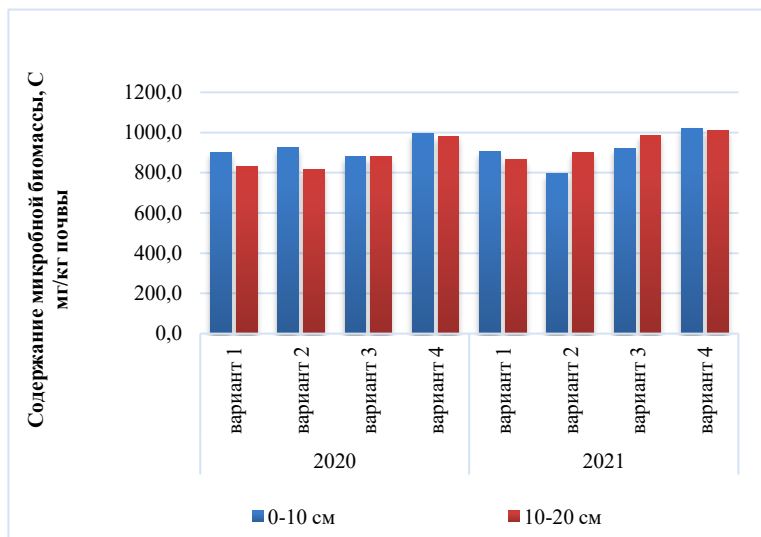


Рисунок 4 – Среднее содержание углерода микробной биомассы в черноземе типичном слабосмытом в 2020-2021 гг.

Примечание – Варианты опыта: 1. Контроль – измельченная побочная продукция сельскохозяйственных культур (ПП); 2. ПП + 10 кг д.в. азота на 1 т ПП; 3. Обработка семян, почвы перед посевом, обработка посевов 2 раза в течение вегетации + измельченной побочной продукции после уборки урожая биопрепаратами (Грибофитом (5 л/га) + Имуназотом (3 л/га) (агробиотехнология-1); 4. Агробиотехнология-1 + N10 на 1 т ПП (агробиотехнология-2)

Закключение.

Сезонная динамика углерода микробной биомассы в черноземе типичном под культурами зернопропашного севооборота характеризуется закономерностью: снижением С_{мб} в первой половине вегетационного периода (июнь) с последующим восстановлением к осени. Данная закономерность сохраняется как в слое 0-10, так и в слое 10-20 см, под различными культурами и при различных агротехнических фонах.

Применение агробиотехнологии-2 (совместное использование микробиологических препаратов Грибофит и Имуназот с аммиачной селитрой N10 на 1 т побочной продукции) оказывает наиболее выраженное

стимулирующее воздействие на микробную биомассу чернозема типичного. Под кормовыми бобами (2020 г.) в слое 0-10 см осеннее содержание С_{мб} в данном варианте достигало 1207 мг/кг, превышая контроль в 1,33 раза. В слое 10-20 см преимущество варианта 4 проявлялось на протяжении всего вегетационного периода, особенно в летний период (превышение контроля в 1,37-1,45 раза).

Культура-предшественник существенно модифицирует характер влияния агробиотехнологий на С_{мб}. Под кормовыми бобами наибольшее содержание С_{мб} обеспечивает комплексное применение биопрепаратов с минеральным азотом (вариант 4), тогда как под озимой пшеницей наибольший осенний пик С_{мб} формируется при использовании только микробиологических препаратов (вариант 3 – 1132 мг/кг), что, вероятно, связано со спецификой разложения солоmistых остатков с широким отношением C:N.

Межгодовая динамика свидетельствует о кумулятивном эффекте агробиотехнологий: в варианте 4 весенний уровень С_{мб} в слое 10-20 см в 2021 г. превысил значение 2020 г. на 10 %, тогда как в контроле отмечено снижение на 19 %. Это подтверждает, что систематическое комплексное применение микробиологических препаратов и минерального азота при утилизации побочной продукции способствует устойчивому поддержанию и накоплению углерода микробной биомассы в пахотном горизонте чернозема типичного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русакова, И. В. Биопрепараты для разложения растительных остатков в агроэкосистемах / И. В. Русакова // Агрохимия. – 2018. – № 9. – С. 4-9
2. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв / Т. Г. Добровольская [и др.] // Почвоведение. – 2015. – № 9. – С. 1087-1087.
3. Белоусов, А. А. Динамика углерода микробной биомассы и степень устойчивости чернозема обыкновенного в условиях перехода на минимизацию обработки / А. А. Белоусов, Е. Н. Белоусова // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 8. – С. 3-11.
4. Чуян, Н. А. Влияние приема биологизации на биологическое состояние органического вещества чернозема типичного / Н. А. Чуян, Г. М. Брескина, Н. П. Масютенко // Агрохимия. – 2020. – № 9. – С. 8-17.
5. Звягинцев, Д. Г. Почва и микроорганизмы / Д. Г. Звягинцев. – М.: МГУ, 1987. – 245 с
6. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве / С. А. Благодатский [и др.] // Почвоведение. – 1987. – № 4. – С. 64-71.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с
8. Завалин, А. А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур / А. А. Завалин // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – №8. – С. 9-11.
9. Брескина, Г. М. Биопрепараты как средство восстановления здоровья черноземных почв / Г. М. Брескина, Н. П. Масютенко, Н. А. Чуян // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2022. – № 2. – С. 25-31.
10. Сезонная динамика микробной биомассы в дерново-подзолистой почве / Д. А. Никитин [и др.] // Почвоведение. – 2019. – № 11. – С. 1356-1364.
11. Продуктивность сельскохозяйственных культур при применении микробиологических препаратов / А. И. Осипов [и др.] // Плодородие. – 2009. – №2(47). – С. 31-33.

12. Decomposition of Medicago sativa residues affects phytotoxicity, fungal growth and soil-borne pathogen diseases G. Bonanomi [et al.] // Journal of Plant Pathology. – 2011. – V. 93(1). – P. 57-69.
13. Quantitative assessment of microbial necromass contribution to soil organic matter / C. Liang [et al.] // Global Change Biology. – 2019. – V. 25. – P. 3578-3590.

УДК 631.81: 631.86: 633.14

ДЕЙСТВИЕ И ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Прищеп Д. Н.

Новозыбковская сельскохозяйственная опытная станция – филиал
ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии
имени В. Р. Вильямса»
г. Новозыбков, Российская Федерация

Аннотация. В условиях западной части Брянской области на низкоплодородных дерново-подзолистых песчаных почвах в период 2021-2022 годов исследовали эффективность прямого действия и последействия систем удобрения на урожайность зерна и соломы озимой ржи. Результаты исследований выявили, что плодородие дерново-подзолистой песчаной почвы в среднем за годы исследования обеспечивает формирование урожая на уровне соответственно 1,12 и 2,89 т/га зерна и соломы озимой ржи сорта Новозыбковская 150 Новая. Прямое действие 20 т/га навоза и $N_{90}P_{60}K_{90}$ минерального удобрения на различных фонах последействия обуславливает повышение урожайности до 2,6 раза по зерну и до 2,9 раза по соломе.

Summary. In the conditions of the western part of the Bryansk region on low-fertile sod-podzolic sandy soils in the period 2021-2022, the effectiveness of the direct action and aftereffect of fertilizer systems on the yield of grain and straw of winter rye was investigated. The research results revealed that the fertility of sod-podzolic sandy soil on average over the years of research ensures the formation of a crop at the level of 1.12 and 2.89 t/ha of grain and straw of winter rye of the Novozybkovskaya 150 Novaya variety, respectively. The direct effect of 20 t/ha of manure and $N_{90}P_{60}K_{90}$ of mineral fertilizer on various backgrounds of aftereffect leads to an increase in yield up to 2.6 times for grain and up to 2.9 times for straw.

Ключевые слова: система удобрения, действие, последействие, урожайность, озимая рожь.

Key words: fertilizer system, action, aftereffect, yield, winter rye.

Развитие сельского хозяйства в России является стратегически важным направлением экономики всех стран и, прежде всего, обеспечения ее продовольственной безопасности, устойчивого экономического роста и повышения спроса на экономически чистую продукцию [1].