

УДК 633.11.631.461:631.559

ЕДН LWCCEQ



КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Горяев Роман Анатольевич¹, аспирант

Пазин Максим Анатольевич¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
кафедры агрономии и агроэкологии

¹Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого,
г. Кемерово, Россия

Аннотация. С повышением уровня интенсификации земледелия полезная микробиота порой вытесняется патогенной. На помощь приходят биологические препараты, в состав которых входят уже специально отобранные почвенные микроорганизмы. Цель исследования – изучение влияния микробиологических препаратов на показатели биологической активности серой лесной почвы. В качестве объекта исследования выступили микробиологические препараты (деструкторы) Стернифаг и Биокомпозит-коррект. В статье приведены результаты исследования численности микроорганизмов при применении микробиологических препаратов (деструкторов). Производится сравнение по изменению количества бактерий и грибов при возделывании яровой пшеницы на фоне различной обработки почвы и применения аммиачной селитры. Наличие и численность микроорганизмов определяли на средах МПА, КАА, Чапека, Эшби.

Ключевые слова: пшеница, микробиологические препараты, питательные среды, микроорганизмы, азот, обработка почвы, пожнивные остатки.

QUANTITATIVE CHANGES IN SOIL MICROORGANISMS OF GRAY FOREST SOIL WHEN USING BIOLOGICAL PREPARATIONS

Goryaev Roman A.¹, Postgraduate

Pazin Maxim A.¹, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy and Agroecology

¹Kuzbass State Agrarian University, Kemerovo, Russia

Abstract. With an increase in the level of intensification of agriculture, the beneficial microbiota is sometimes replaced by a pathogenic one. Biological preparations, which include specially selected soil microorganisms, come to the rescue. The purpose of the study is to study the effect of the use of microbiological preparations Sternifag and Biocomposite – correct on the indicators of biological activity of gray forest soil. The article presents the results of a study of the number of microorganisms in the use of microbiological preparations (destructors). A comparison is made on the change in the number of bacteria and fungi during the cultivation of spring wheat against the background of various tillage and the use of ammonium nitrate. The presence and abundance of microorganisms were determined on media MPA, KAA, Chapek, Ashby.

Keywords: Wheat, microbiological preparations, nutrient media, microorganisms, nitrogen, tillage, crop residues.

Введение

Изучая ряд работ как отечественных, так и зарубежных исследователей, можно сделать следующий вывод о том, что биологизация земледелия в какой-то степени имитирует естественные процессы, происходящие в природе. Все это в совокупности отражается в уменьшении обработки почвы, создании мульчирующего слоя, частичном или полном отказе от применения минеральных удобрений [1].

В ряде отечественных и зарубежных исследований установлено, что применение микробиологических препаратов ускоряет процесс минерализации и гумификации соломы, увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур [2–4; 5].

При традиционной системе земледелия происходит интенсивное деградация почв, что влечет за собой уменьшение содержания гумуса и ухудшение

физико-химических показателей почв. По данным [6], за последние 100 лет использования черноземов потеряна половина процентного содержания органического вещества.

Как в традиционном, так и в биологическом земледелии основным значением является увеличение и восполнение плодородия почвы. Поэтому сельскохозяйственные культуры необходимо оценивать не только по величине урожая, но и по массе побочной продукции и корневых остатков [7].

В современных реалиях сельскохозяйственного производства количество растительных остатков увеличивается пропорционально получаемым урожаям сельскохозяйственных культур. В этой связи огромное значение имеет применение растительных остатков для почвозащитного и биологического земледелия, что подтверждается в работах многих ученых [8; 9–11].

В настоящее время из-за отсутствия систематического применения органических и минеральных удобрений только сидераты, солома и остатки полевых культур могут служить источником восполнения органического вещества [12; 13; 14]. Вопрос заключается в том, чтобы ускорить разложение остатков, увеличить содержание гумуса при помощи микробиологических препаратов, увеличить численность полезной микрофлоры и произвести оздоровление почвы.

Цель исследования – изучить эффективность микробиологических препаратов на серых лесных почвах, процесс минерализации послеуборочных остатков, влияние на развитие почвенной микрофлоры, а также урожай.

Материалы и методы

Исследования проводили в хозяйстве ИП Глава КФХ Горяев Р. А, находящемся в Ижморском округе, Кемеровской области, в полевом опыте на серой лесной почве с использованием остатков яровой пшеницы. Почвы хозяйства серые лесные, pH 4,8, содержание гумуса на уровне 8,0 %, массовая доля общего азота 0,36 %, нитратного азота 7, подвижного калия 100, подвижного фосфора 32 мг/кг.

В 2022 г. в опыте были использованы микробиологические препараты, показавшие наибольшую эффективность, – Биокомпозит-коррект, 3 л/га; Стернифаг, 80 г/га. Биокомпозит-коррект представляет собой консорциум ценных штаммов нескольких видов полезных бактерий с общим титром не менее $1 \cdot 10^9$ КОЕ/мл. Препарат решает многие проблемы, в том числе ускоряет разложение соломы и пожнивных остатков; подавляет рост и развитие фитопатогенов. Стернифаг, СП (*Trichoderma harzianum*), штамм ВК – 4099D, титр 1×10^{10} КОЕ/г –

современный почвенный биологический фунгицид, созданный для ускоренного разложения стерни и соломы. В качестве азотного удобрения применяли аммиачную селитру (34 %).

Схема опыта:

- 1) Стернифаг обработка поверхностная с внесением 20 кг азота;
- 2) Стернифаг обработка поверхностная без азота;
- 3) Стернифаг вспашка с внесением 20 кг азота;
- 4) Стернифаг вспашка без азота;
- 5) Биокомпозит-коррект обработка поверхностная с внесением 20 кг азота;
- 6) Биокомпозит-коррект обработка поверхностная без азота;
- 7) Биокомпозит-коррект вспашка с внесением азота;
- 8) Биокомпозит-коррект вспашка без внесения азота;
- 9) Контроль обработка поверхностная;
- 10) Контроль обработка вспашка;
- 11) Контроль обработка поверхностная, азот 20 кг/га;
- 12) Контроль обработка вспашка, азот 20 кг/га.

Используемые питательные среды: мясопептонный агар МПА (смешанный агар МПА + сусло в пропорции 1:1), крахмально-аммонийный агар КАА (дистиллированная вода, крахмал (растворимый), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, K_2HPO_4 , MgSO_4 , NaCl , CaCO_3 , агар), среда Чапека (дистиллированная вода, сахароза, NaNO_3 , K_2HPO_4 , MgSO_4 , KCl , CaCO_3 , агар), среда Эшби (маннит, K_2HPO_4 , MgSO_4 , MgSO_4 , NaCl , K_2SO_4 , CaCO_3 , агар).

Солома, согласно рекомендуемым дозам, обрабатывалась биопрепаратами при помощи опрыскивателя, распределялась согласно схеме опыта комбайном и заделывалась двумя способами: зяблевой вспашкой плугом ПЛН-3/35 на глубину 20–22 см и поверхностной обработкой почвы дисковой бороной БДТ-3 на глубину 10–12 см.

В 2023 году опыт был продолжен по схеме 2022 года. Произведен посев пшеницы сорта Руслада. Обследования почвы по составу бактерий и грибов проводили путем отбора почвенных проб. Изучение состава микроорганизмов в лабораторных условиях производилось путем посева на питательных средах с определением агрономически ценных групп.

Результаты

Сравнительный анализ влияния биопрепаратов на количественную характеристику агрономически ценных групп микроорганизмов на среде МПА

показал следующие результаты по аммонифицирующим микроорганизмам: при поверхностной обработке в варианте с препаратом Стернифаг с применением удобрений показатель был равен 31,4, без удобрений 30,7. По отвальной вспашке 28,4 без применения азота и 30,7 с азотом. Препарат Биокомползит-коррект имел данные по поверхностной обработке без азота 25,5, с азотом 29,2. По отвальной обработке без азота 24,8 и 28,6 с азотом. Показатели превышали контрольные в 1,4 -1,6 в зависимости от фона минерального питания по поверхностной обработке и в 2,3–2,6 по отвальной (табл. 1).

Таблица 1 - Количественная характеристика агрономически ценных групп микроорганизмов в почве при возделывании яровой пшеницы в начале вегетации

Вариант обработки		Среда МПА (аммонифицирующие) млн. КОЕ/г а.с.п.	Среда КАА (усваивающие азот) млн. КОЕ/г а.с.п.	Среда Чапека (микромицеты) тыс. КОЕ/г а.с.п.	Среда Эшби (азотобактер, %)
Микроорганизмы агрономически ценных групп, (обработка поверхностная, без азота).	К*	18,1	18,6	37	80
	Ст**	30,7	25,9	50,5	60
	Био кор.***	25,5	10,2	46,4	86,6
Микроорганизмы агрономически ценных групп, (обработка отвальная, без азота).	К*	9,4	10	61,5	70
	Ст**	28,4	19,1	27,6	63,3
	Био кор.***	24,8	16,9	61,7	73,3
Микроорганизмы агрономически ценных групп, (обработка поверхностная с азотом).	К*	23,8	21,9	38,3	76,6
	Ст**	31,4	21,7	59,8	80
	Био кор.***	29,2	16,2	34,3	78
Микроорганизмы агрономически ценных групп, (обработка отвальная с азотом).	К*	12,2	13,2	66,6	58
	Ст**	30,8	23,0	47,0	96,6
	Био кор.***	28,6	20,6	57,6	50

Примечание: *К – контроль; **Ст – Стернифаг; ***Био кор. – Биокомползит-коррект

Показатели по сравнению с контролем были выше в 1,69 и 1,31 раза в вариантах с поверхностной обработкой соответственно. По отвальной вспашке без азота препарат Стернифаг 28,4, с азотом 30,8, что в 3 раза превышало контрольный вариант без внесения азота и в 2,5 с применением удобрений, влияние которых видимо ограничивалось недостатком влаги в летний период.

На среде КАА количество микроорганизмов при использовании препарата грибной природы было 25,9 и 21,7. Количество агрономически ценных групп микроорганизмов уменьшилось при использовании удобрений с вариантом поверхностной обработки почв. При отвальной вспашке эти показатели были равны 19,12 и 23,08 соответственно, увеличиваясь при внесении удобрений.

Показатели препарата Биокомпозит-коррект на поверхностной обработке 10,3 и 16,2 увеличивались при использовании азота. На отвальной вспашке 16,9 и 20,6 в зависимости от применения азота. При поверхностной обработке без азота количество микроорганизмов было в 0,55 меньше по сравнению с контролем, при добавлении азота разница увеличивалась до 0,73. На отвальной вспашке имело место увеличение количества микроорганизмов в 1,7 раза при вспашке без азота и в 1,5 при внесении минеральных удобрений.

На среде Чапека количество микромицетов с применением Стернифаг составляло по поверхностной обработке без удобрений 50,5, с удобрением 59,8. При использовании вспашки 27,6 без азота и 47,0 с азотом. С препаратом Биокомпозит-коррект 46,38 и 34,31 на поверхностной обработке с удобрением и без. На отвальной вспашке 61,7 и 57,6, уменьшаясь с внесением азота. По сравнению с контролем содержание грибной микрофлоры на поверхностной обработке в 1,3, без удобрений в 1,5 раза. На отвальной вспашке контрольный вариант превышал вариант с применением препарата Стернифаг как без удобрений, так и с применением их в 1,4-2,2 раза. В варианте с Биокомпозит-корректором при поверхностной обработке действие азотных удобрений снижало содержание грибов по сравнению с контролем на 1,2 и 1,1 раза соответственно. С другой стороны, в варианте при отвальной вспашке без применения удобрений их количество возрастало на 1,15. Отмечаем, что максимальное содержание азотобактера зафиксировано в вариантах (обработка поверхностная и отвальная с азотом) на фоне использования препарата Стернифаг.

При поверхностной обработке препарат Биокомпозит показал большую эффективность по сравнению с контрольными вариантами, а при отвальной вспашке этот показатель уступал контрольным вариантам.

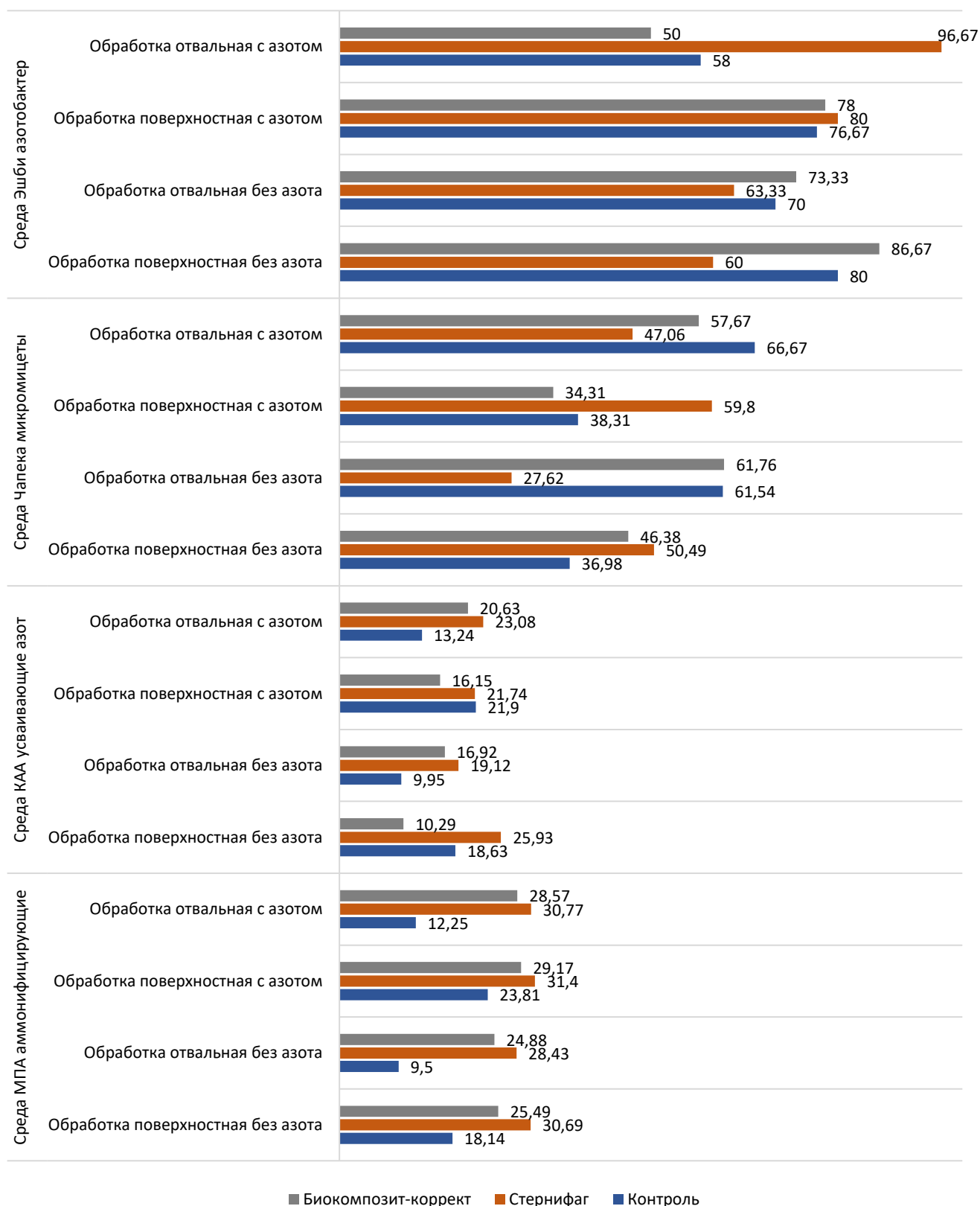


Рисунок 1. Численность физиологических групп микроорганизмов в начале вегетации

Число аммонифицирующих микроорганизмов в целом в конце вегетации снизилось. Наибольшее количество их оставалось при поверхностной обработке с внесением азота и препарата Биокомпозит-коррект - 24,3 КОЕ. Количество микроорганизмов, усваивающих азот, также было максимальным при поверхностной обработке с применением удобрений и Биокомпозит-корректа – 23,8 КОЕ.

Здесь нужно отметить, что на контроле при этом также было максимальным число аммонифицирующих микроорганизмов – 22,2 КОЕ. Отмечаем, что в конце вегетации содержание азотобактера в вариантах при различной обработке почв с применением азотных удобрений имело практически одинаковые значения. Препарат Биокомпозит-коррект по показателям грибной микрофлоры имел одинаковую картину по всем вариантам, незначительно понижаясь в варианте с поверхностной обработкой и применением азота. Численность азотобактера увеличивалась на отвальной вспашке по сравнению с поверхностной обработкой.

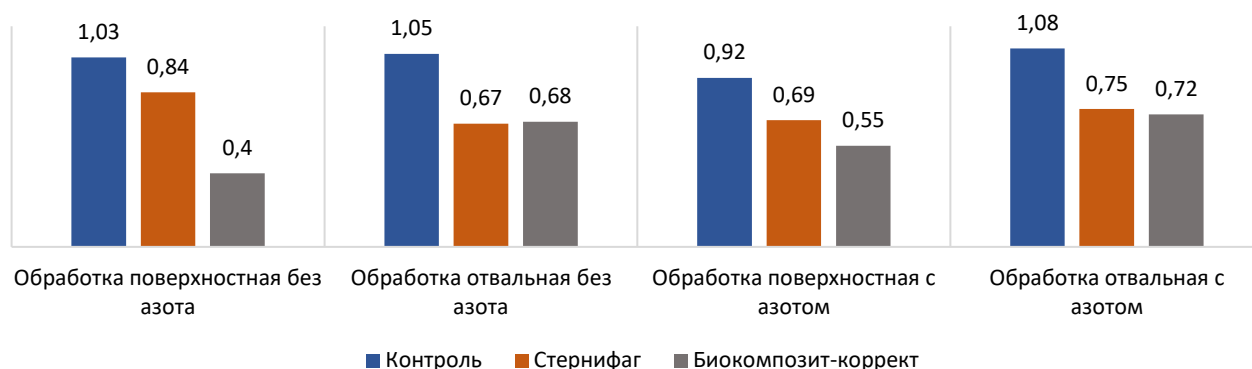


Рисунок 2. Коэффициент минерализации в начале вегетации

В целом по данным опыта соотношение микроорганизмов, выросших на среде КАА и МПА, свидетельствует об активности процессов минерализации. Чем выше отношение этих показателей, тем разложение органических остатков протекает медленнее, значит активнее работают аммонификаторы. Минерализация органического вещества шла более активно на вариантах с применением грибного препарата Стернифаг и на контрольных вариантах, уступая препарату Биокомпозит-коррект, который, видимо, способствует усилению процессов иммобилизации (таблица 2).

Таблица 2 - Количественная характеристика агрономически ценных групп микроорганизмов в почве в конце вегетации яровой пшеницы

Вариант обработки		Среда МПА (аммонифицирующие) млн. КОЕ/г а.с.п.	Среда КАА (усваивающие азот) млн. КОЕ/г а.с.п.	Среда Чапека (микромицеты) тыс. КОЕ/г а.с.п.	Среда Эшби (азотобактер, %)
Микроорганизмы агрономически ценных групп, (обработка поверхностная, без азота).	К*	14,4	15,9	8,7	80
	Ст**	15,2	15,6	7,0	60
	Био кор.**	17,2	15,2	8,8	86,6
Микроорганизмы агрономически ценных групп, (обработка отвальная, без азота).	К*	10,4	8,0	22,8	86,6
	Ст**	11,1	13,2	7,4	96,6
	Био кор.**	16,2	13,6	8,0	93,3
Микроорганизмы агрономически ценных групп, (обработка поверхностная с азотом).	К*	15,6	22,2	6,6	100
	Ст**	16,2	17,2	14,1	96,6
	Био кор.**	24,3	23,8	6,6	96,6
Микроорганизмы агрономически ценных групп, (обработка отвальная с азотом).	К*	12,9	11,9	11,94	100
	Ст**	14,0	17,2	8,6	86,6
	Био кор.**	20,5	18,9	7,6	100

Примечание: *К – контроль; Ст – Стернифаг**; Био кор. – Биокомпозит-коррект***

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что численность всех групп микроорганизмов была выше по сравнению с контролем, а величина коэффициента минерализации значительно возросла с начала вегетации.

Оценка физиологических групп микроорганизмов под яровой пшеницей на серых лесных почвах зависит от применения микробиологических препаратов. На контроле более населенный грибами слой при отвальной обработке без азота, микробов, усваивающих азот, больше при поверхностной обработке с азотом.

Та же тенденция просматривается и по аммонифицирующим микроорганизмам. Величина азотобактера составляла 100 % в вариантах с

применением удобрений и уменьшалась в вариантах без них как в вариантах с отвальной обработкой, так и при поверхностной.

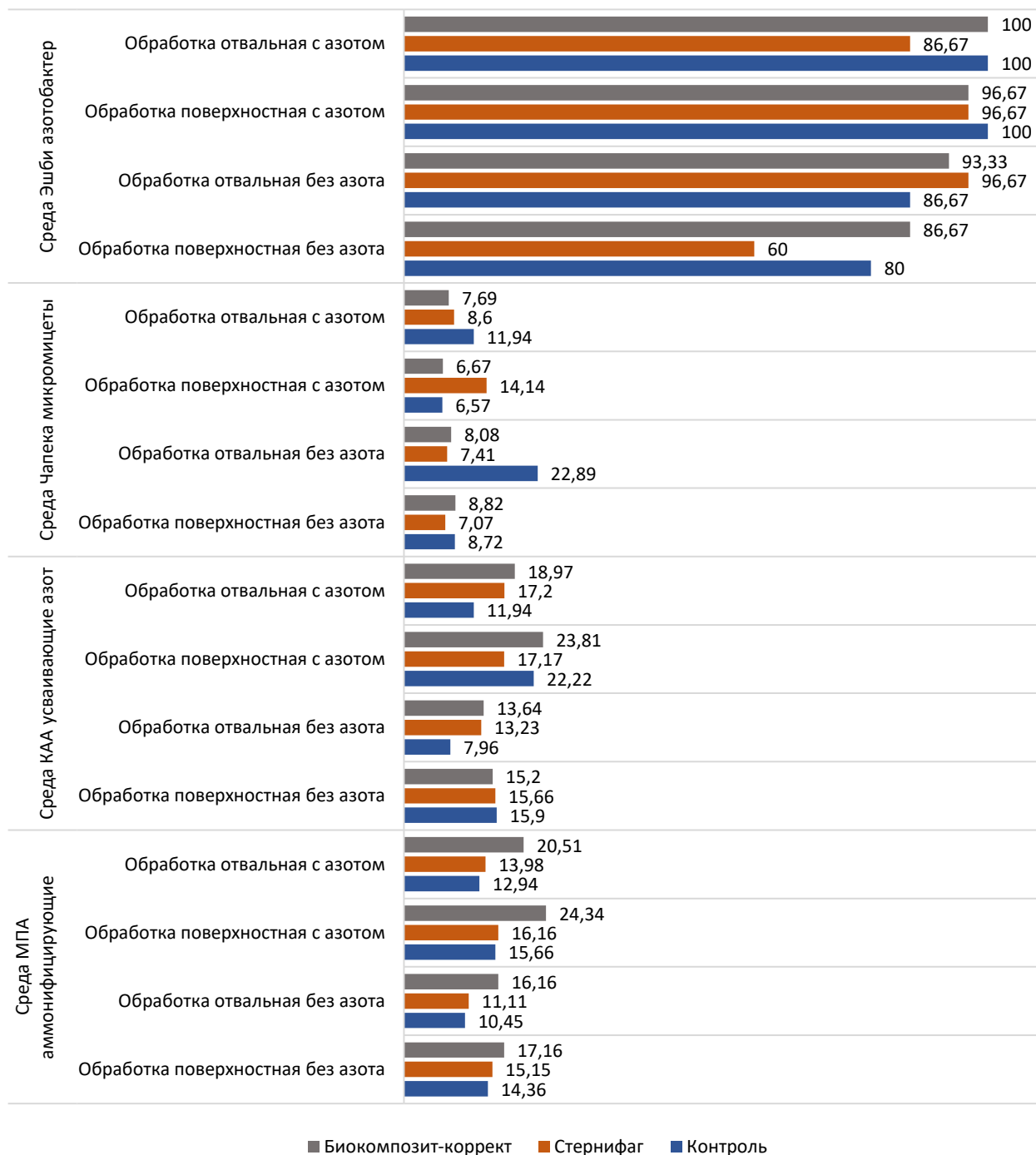


Рисунок 3. Численность физиологических групп микроорганизмов в конце вегетации

Коэффициент минерализации был максимальным 1,42 при отвальной вспашке с азотом (контроль), наименьшим 0,76 при отвальной вспашке без

удобрений (контроль). Применение Стернифага при вспашке с добавлением аммиачной селитры повышает коэффициент минерализации до 1,23 (на контроле – 0,92). Тот же самый препарат при поверхностной заделке соломы даёт уровень минерализации 1,06.

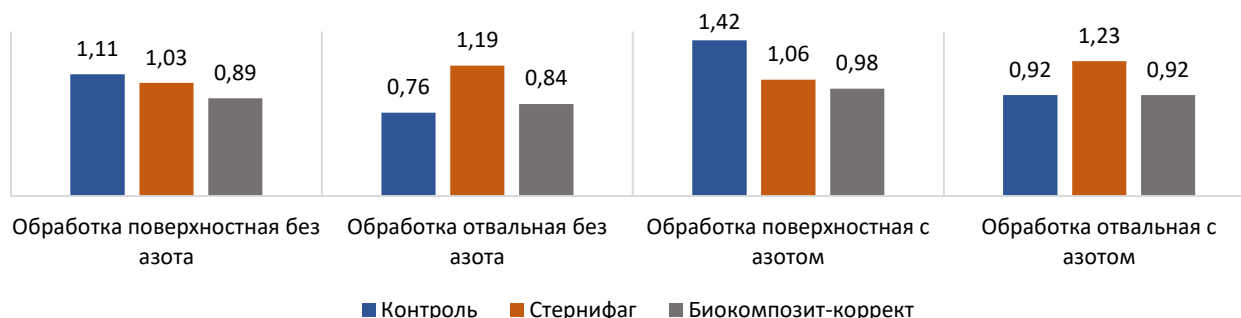


Рисунок 4. Коэффициент минерализации в конце вегетации

Биокомпозит-коррект эффективнее при поверхностном заделывании соломы – коэффициент 0,98, но тем не менее, при контроле величина минерализации выше – 1,42. Во всех случаях внесение азотных удобрений в дозе 20 кг/га способствовало повышению активности почвенной биоты, что выразилось в увеличении уровня минерализации.

Что касается обработки почвы и её влияния на уровень минерализации, в случае со Стернифагом однозначно можно сказать, что вспашка почвы, на фоне применения данного препарата, увеличивает минерализацию на 16 %. Применяя Биокомпозит-коррект на разных фонах обработки, необходимо отметить снижение скорости минерализации на 6 % с переходом от поверхностной обработки на вспашку.

Как правило, по всем вариантам уровень минерализации был выше в конце вегетации (таблица 3).

Известно, что процесс разложения растительных и животных остатков, богатых белками, происходит как при широком доступе воздуха, что обеспечивает вспашка почвы, так и при условии полного анаэробноза, что можно наблюдать при поверхностной или нулевой обработке. Если рассматривать уровень аммонифицирующих (гнилостных) микроорганизмов в начале и в конце вегетации (таблица 4), то вполне очевидно, что количество аммонифицирующих микроорганизмов под влиянием биопрепаратов Стернифаг и Биокомпозит-коррект к концу вегетации заметно снизилось.

Таблица 3 - Коэффициент минерализации в зависимости от способов обработки и внесенных препаратов

Препарат	Обработка	Удобрение	Значение (начало и конец вегетации)	
Стернифаг	Поверхностная	азот	0,69	1,06
		без азота	0,84	1,03
	Отвальная	азот	0,75	1,23
		без азота	0,67	1,19
Среднее по препарату			0,73	1,12
Среднее по обработке: поверхностная отвальная			0,76	1,04
			0,71	1,21
Биокомпозит-коррект	Поверхностная	азот	0,55	0,98
		без азота	0,4	0,89
	Отвальная	азот	0,72	0,92
		без азота	0,68	0,84
Среднее по препарату			0,58	0,90
Среднее по обработке: поверхностная отвальная			0,48	0,94
			0,7	0,88
Контроль	Поверхностная	азот	0,92	1,42
		без азота	1,03	1,11
	Отвальная	азот	1,08	0,92
		без азота	1,05	0,76

Наибольшее (на 50 %) снижение при всех вариантах обработки почвы наблюдается при применении препарата Стернифаг. Использование препарата Биокомпозит-коррект позволило снизить количество аммонифицирующих микроорганизмов на 30 %, за исключением варианта поверхностной обработки с внесением азота, когда снижения не произошло. Контрольный вариант показал, что заделка растительных остатков без использования деструкторов практически не изменяет численность гнилостных микроорганизмов. Исключением служит вариант поверхностной обработки с внесением азота: при таком варианте уровень аммонифицирующих микроорганизмов снизился на 30 %.

Azotobacter – это главный фиксатор азота из атмосферы, способный переводить газообразный азот в усвояемую для растений форму. К концу вегетации после уборки яровой пшеницы и применения деструкторов количество азотфиксирующих бактерий возросло на 23-36 % при отвальной обработке без азота и на варианте с поверхностной обработкой с азотом. В случае с поверхностной обработкой без внесения азота уровень численности Азотобактера

не изменился, а на варианте с отвальной обработкой и внесением азота численность бактерий возросла более всего на 70-100 %, в том числе и на контроле.

Таблица 4 - Количественные изменения микроорганизмов в течение вегетации в зависимости от варианта обработки почвы

Вариант обработки		Среда МПА (аммонифицирующие млн. КОЕ/г а.с.п.)		В среднем по обработке	Среда Эшби (азотобактер, %)		В среднем по обработке
		в начале	в конце		в начале	в конце	
Обработка поверхностная, без азота	К*	18	14	15	80	80	75
	Ст**	30	15		60	60	
	Био кор.**	25	17		86	86	
Обработка отвальная, без азота	К*	9	10	12	70	86	89
	Ст**	28	11		63	86	
	Био кор.**	24	16		73	96	
Обработка поверхностная с азотом	К*	24	15	18	76	93	96
	Ст**	31	16		80	100	
	Био кор.**	29	24		78	96	
Обработка отвальная с азотом	К*	12	12	15	58	100	95
	Ст**	30	14		96	86	
	Био кор.**	28	20		50	100	

Примечание: *К – контроль; Ст – Стернифаг**; Био кор. – Биокомпозит-коррект***

Заключение

Оценка применения биопрепаратов позволяет сделать вывод о том, что благодаря внесению после уборки яровой пшеницы деструкторов произошло снижение аммонифицирующих бактерий на 30-50 % (эффективнее Стернифаг). Напротив, численность азотфиксирующих осталась на прежнем уровне, либо возросла на 22-100 %. Вариант обработки, видимо, также повлиял на численность микроорганизмов: максимальное количество аммонифицирующих бактерий отмечено при поверхностной обработке с добавлением азота – 18 млн КОЕ/г а.с.п., что на 20 % больше, чем при отвальной обработке, что логично, так как органического вещества при этом на поверхности больше, чем на глубине пахотного слоя. Азотобактер также в большинстве присутствовал на варианте

поверхностной обработки с внесением дополнительно 20 кг азота – 96 %, что на 28 % больше, чем при той же обработке, но без азота. Для азотфиксирующих бактерий важен азот, поэтому фактор внесения 20 кг аммиачной селитры, независимо от способа обработки, способствовал увеличению данной группы микроорганизмов: в среднем обрастание комочков составило на вариантах с внесением азота 95-96, без внесения – 75-89 %.

Как показали исследования, уровень минерализации или разложения органического вещества почвы зависел от применяемого препарата: преимущество Стернифага при любом способе обработки почвы очевидно. Также нужно отметить положительную роль для минерализации внесение азота в количестве 20 кг/га. Во всех случаях, там, где был внесен азот, коэффициент минерализации был выше, независимо от способа обработки и препарата. Что касается влияния способа обработки почвы на коэффициент минерализации, то здесь трудно проследить какую-либо закономерность. Единственное, что можно отметить, так это повышение уровня минерализации после внесения деструкторов.

Библиографический список

1. Berg, G. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2009. – Vol. 84 (1). – pp. 11-18.
2. Шевченко, В.Е. Биологизация и адаптивная интенсификация земледелия в Центральном Черноземье / В.Е. Шевченко, В.Н. Федотов. – Воронеж, 2000. – С. 91-96.
3. Эффективность биопрепаратов на посевах сельскохозяйственных культур / В.И. Лазарев, М.Н. Казначеев, А.Ю. Айдиев [и др.]. – Курск, 2003. – С. 127.
4. Abro, S. Influence of microbial inoculants on soil response to properties with and without straw under different temperature regimes // *African Journal of Microbiology Research*. – 2011. – Vol. 4 (19). – pp. 3054-3061.
5. Gaind, S. Chemical and biological properties of wheat soil in response to paddy straw incorporation and its biodegradation by fungal inoculants // *Biodegradation*. – 2007. – Vol. 18 (4). – pp. 495-503.
6. Бурлакова, Л. М. Современное состояние плодородия черноземов Алтайского края и проблема их рационального исследования // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2003. – № 5. – С. 49–50.

7. Лень, В. С. Эколого-экономическая эффективность бобовых культур / В.С. Лень // Земледелие. – 1992. – № 2. – С. 21.

8. Абрамов, Н. В. Производительность агроэкосистем и состояние плодородия почв в Западной Сибири: монография. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2013. – 254 с.

9. Дедов, А. В. Влияние темпов разложения растительных остатков на лабильное органическое вещество почвы и урожайность культур севооборота / А. А. Дедов, М. А. Несмеянова, А. В. Дедов // Земледелие. – 2017. – № 4. – С. 6-9.

10. Интенсификация биологических факторов воспроизводства плодородия почв в земледелии: монография / В.Т. Лобков, Н.И. Абакумов, Ю.А. Бобокова. – Орёл: ОрёлГАУ, 2016. – 160 с.

11. Кирюшин, В. И. О Белгородской модели модернизации сельского хозяйства и биологизации земледелия / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2013. – № 1. С. – 3-6.

12. Берзин, А. М. Зеленые удобрения в Средней Сибири. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2002. – 395 с.

13. Сорокин, И.Б. Органическое вещество в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Томской области. – Томск, 2007. – 304 с.

14. Шарков, И.Н. Роль растительных остатков зерновых культур в регулировании плодородия почв Сибири // Биологические источники элементов минерального питания растений. – Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние, 2006. – С. 69-77.