

УДК 579.8:631.8:631.46:633.14

ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА ГРАМИСИЛ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА МИКРОБОЦЕНОЗ ПОЧВЫ

Н. М. Дайнеко

кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

И. И. Концевая

кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

С. Ф. Тимофеев

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

Д. В. Дайнеко

студент биологического факультета
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

Е. А. Айглова

студент биологического факультета
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

На основе микробиологического анализа биопрепарата Грамисил, применявшегося для прикорневой подкормки озимой пшеницы в фазе кущения в осенний и весенний периоды, изучено его влияние на микробные процессы в почвах юго-восточного региона Беларуси. Установлено, что сроки внесения не оказывают существенного воздействия на трансформацию почвенных белковых соединений. Анализ эколого-трофических коэффициентов и индексов показал, что направленность ключевых процессов деструкции промежуточного органического вещества и его начальной гумификации остается неизменной независимо от периода применения препарата.

Ключевые слова: озимая пшеница, микробоценоз почвы, эколого-трофические группы почвенных микроорганизмов, Грамисил.

Введение

Уникальный по своим характеристикам биопрепарат Грамисил спроектирован в Институте микробиологии НАН Беларуси. Состав препарата и результаты начальных тестов по эффективности его использования для роста и развития озимой пшеницы представлены в [1]. Ранее нами было проанализировано влияние Грамисила в однолетнем полевом опыте в посевах озимого ячменя на взаимоотношения

основных эколого-трофических групп микроорганизмов [2]. Другие сведения по исследованию действенности применения микробного препарата Грамисил в литературе отсутствуют.

Следует подчеркнуть, что на текущий период производство сельскохозяйственной продукции развивается в рамках направления устойчивого сельского хозяйства, максимально соответствующее экологическому подходу в земледелии и растениеводстве. В этом научном и производственном проекте предполагается активное использование микроорганизмов в составе микробных препаратов как дополнительный и, возможно, основной источник необходимых растениям микро- и макроэлементов [3], в частности фосфора [4].

В аналитическом обзоре [3] обсуждаются экспериментальные работы исследователей в разных странах мира на тему увеличения плодородия почвы с целенаправленным привлечением консорциума почвенных микроорганизмов. При этом авторы отмечают, что производители микробных препаратов заинтересованы в их тестировании в реальных полевых почвенных условиях, что практически не выполняется, и в определении позитивного эффекта от использования на плодородие в агробиоценозах. Таким образом несомненна актуальность темы данного исследования.

Методы исследования

Исследования выполняли на протяжении двух лет в осенне-весенний период 2023–2025 годов на землях агрокомбината «Южный» вблизи н. п. Лопатино Гомельского района Гомельской области. Объект исследований – активность основных групп микроорганизмов при обработке биопрепаратом Грамисил в посевах озимой пшеницы.

Опыт был заложен на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на посевах озимой пшеницы сорта «Амелия»:

- 1) контроль (к) – без обработки посевов биопрепаратом Грамисил;
- 2) обработка посевов озимой пшеницы биопрепаратом Грамисил (опыт (о)).

В эксперименте изучали два срока внесения биопрепаратов: 1) в осенний период – в фазу начало кущения; 2) в весенний период – в фазу кущения; с нормой расхода биопрепарата, равной 3 л/га.

Отбор почвенных образцов выполняли по следующим фазам роста и развития озимой пшеницы: кущения, выход в трубку, цветения, восковая спелость. Закладка опытов, количественный учет микробного сообщества почвы, статистический анализ проводили согласно общепринятому алгоритму работы [2].

Основная часть

По данным Гомельоблгидромета, метеоусловия в вегетационный период 2024 года характеризовались существенными колебаниями температуры воздуха и осадками по декадам, что в некоторые месяцы отразилось на неравномерном выпадении осадков [5], и что могло оказать отрицательное воздействие на рост и развитие почвенных микроорганизмов [6]. В исследуемый период 2025 года на территории Гомельской области температурный режим отличался высокой контрастностью как по декадам внутри месяца, так и между разными месяцами. В от-

ношении осадков отмечены благоприятные условия по влагообеспеченности для роста и развития сельскохозяйственных культур [7, 8].

Влажность почвы менялась в соответствии с климатическими характеристиками за анализируемый вегетационный период.

В частности, начальный показатель влажности почвы (ее забор был выполнен в ноябре 2023 года и в конце апреля 2024 года) составил 21,7–27,3%, что характеризует обеспеченность почвы водой на оптимальном уровне. В дальнейшем при отборе почвы в мае выявлено снижение влажности почвы до 12,4–16,4%. Для образцов почвы к3 и о3, отобранных в конце второй декады июля отмечено существенное снижение показателя влажности почвы до 0,9–2,2%. Напоминаем, что в июле количество осадков суммарно составило 84% нормы, что характеризует данный летний месяц как засушливый период.

В 2025 году в вегетационном периоде на колебания значений коэффициента влажности почвы оказало влияние перераспределение осадков по декадам месяца. Например, в первой декаде мая установлено значение показателя на уровне 7,4–9,1%, в то время как в третьей декаде отмечали чрезмерное количество осадков [7]. Соответственно, и значения коэффициента влажности почвы возросли до 14,9 и 18,2%. Далее для июньских образцов почвы отмечено существенное снижение показателя влажности почвы до 8,2–9,1%. Несомненно, почвенная вода обуславливает жизнедеятельность представителей как эукариот, так и прокариот.

Численность представителей изучаемого микробоценоза почвы при осеннем и весеннем внесении препарата Грамисил в посевах озимой пшеницы 2024 года показана, соответственно, в таблицах 1 и 2.

Динамика снижения численности по большинству изучаемых групп микроорганизмов от фазы кущения или фазы выход в трубку к фазе восковая спелость в контрольных образцах почвы, установленная при обоих сроках внесения биопрепарата, в первую очередь объясняется метеорологическими условиями вегетационного периода 2024 года, которые сказались на уменьшении влажности почвы от 21,7 % в мае до 0,9 % в июле.

Следует отметить статистически достоверное однонаправленное действие тестируемого биопрепарата в отношении большинства изученных групп микроорганизмов почвы, отобранной в фазе выход в трубку, независимо от сроков внесения Грамисила. В частности, в опыте «осеннее внесение биопрепарата» в указанную фазу установлено существенное снижение численности представителей всех анализируемых экологических ниш, кроме группы фосфатмобилизирующих бактерий, у которых, наоборот, наблюдали возрастание численности в 4 раза по сравнению со значением контрольного варианта. В почве, отобранной в фазе восковая спелость, только по отдельным группам бактерий отмечено достоверное уменьшение показателя КОЕ/г при обоих сроках внесения Грамисила. В почве, отобранной в фазе кущения при осеннем внесении биопрепарата, также отмечали существенное снижение численности для представителей группы аммонифицирующих и фосфатмобилизирующих бактерий, соответственно, в 1,8 и 2,5 раза. В то время как в 1,8 раза возросла численность амилолитических микроорганизмов (таблица 1).

Таблица 1 – Численность представителей микробоценоза почвы при осеннем внесении биопрепарата Грамисил в посевах озимой пшеницы, КОЕ/г абс.сух. почвы x 10⁶ (2024)

Группа микроорганизмов	Фаза кущения		Фаза выход в трубку		Фаза восковая спелость	
	к1	о1	к2	о2	к3	о3
аммонифицирующие	40,8±6,2	28,6±0,9*	30,9±3,5	8,4±1,1*	19,9±2,6	18,9±4,7
споровые аммонификаторы	1,8±0,3	2,8±0,5	2,8±0,2	1,5±0,2*	1,4±0,3	2,0±0,1
амилолитические	28,6±2,4	44,7±2,5*	46,2±1,5	16,1±1,5*	27,6±2,8	29,5±2,6
фосфатмобилизующие	2,5±0,1	0,1±0,1*	0,1±0,03	0,4±0,06*	0,2±0,1	0,01±0,007*
олигонитрофильные	32,1±5,4	40,0±3,2	28,3±1,0	20,3±2,6*	26,7±3,4	28,4±4,1
олигокарбофильные	50,7±8,6	69,0±6,2	61,0±1,5	18,2±3,3*	26,5±2,7	18,6±3,6*
автохтонные	52,0±8,2	50,8±4,1	53,4±3,2	10,5±0,9*	30,0±1,6	15,5±0,9*
микробицеты, x 10 ³	19,0±1,1	11,0±0,7*	7,8±0,4	4,1±0,4*	6,4±0,1	7,9±0,04*

Примечание: *статистически достоверно при p <0,05 по сравнению с соответствующим контролем

В опыте «весеннее внесение Грамисила» во всех экологических нишах отмечали в опытных образцах либо существенное снижение численности представителей изучаемого микробного сообщества почвы, либо сопоставимое с контрольным образцом количественное участие (таблица 2).

Таблица 2 – Численность представителей микробоценоза почвы при весеннем внесении биопрепарата Грамисил в посевах озимой пшеницы, КОЕ/г абс.сух. почвы x 10⁶ (2024)

Группа микроорганизмов	Фаза выход в трубку		Фаза восковая спелость	
	к2	о2	к3	о3
аммонифицирующие	30,9±3,5	25,3±2,3	16,4±3,3	16,5±5,1
споровые аммонификаторы	2,7±0,2	2,5±0,2	1,8±0,1	1,0±0,1*
амилолитические	46,2±1,5	31,4±2,0*	25,7±6,2	33,4±1,8
фосфатмобилизующие	0,1±0,03	0,04±0,02*	0,02±0,01	0,02±0,01
олигонитрофильные	28,3±1,0	28,7±4,0	18,7±1,8	17,1±2,5
олигокарбофильные	60,9±1,5	50,0±3,7*	42,9±4,5	31,2±2,1*
автохтонные	53,4±3,2	29,8±5,8*	14,8±0,3	18,8±2,2
микробицеты, x 10 ³	7,8±0,4	8,2±0,8	7,3±0,5	6,5±0,6

Примечание: *статистически достоверно при p <0,05 по сравнению с соответствующим контролем

Такие данные свидетельствуют о влиянии засушливого периода на численность микроорганизмов опытных вариантов в большей степени по сравнению с

контролем. Здесь в отношении опытных образцов можно предположить активизацию энергозатратных процессов адаптации к засухе у бактерий, в том числе при участии комплекса микроорганизмов биопрепарата Грамисил. Напоминаем, что бактерии комплекса способны продуцировать фермент АЦК-деаминазу, которая способна снижать уровень «стрессового этилена» у растений, предотвращая у них подавление роста, более быстрое старение, способствуя устойчивости к засухе [9]. И такой эффект частично сохраняется и на стадии восковой спелости, когда численность микроорганизмов в опытных образцах уже в меньшей степени отличается от значений в контроле при более жестких условиях засухи, когда коэффициент влажности почвы равен 0,9 %. Если говорить конкретно о пшенице, то следует упомянуть обзор [10], в котором рассматриваются различные фундаментальные механизмы взаимодействия *Bacillus* spp. с растениями пшеницы в условиях засухи, которые могут быть использованы, с точки зрения автора обзора, для разработки микробных препаратов и их применения в экологически ориентированной технологии культивирования упомянутого злака в условиях неустойчивого климата.

Рассмотрим влияние сроков внесения биопрепарата Грамисил (осенний и весенний сроки) на количественный состав и качественный спектр представителей почвенного микробоценоза в образцах почвы, отобранных в полевых посевах озимой пшеницы 2025 года.

Таблица 3 – Численность представителей микробоценоза почвы при осеннем внесении биопрепарата Грамисил в посевах озимой пшеницы, КОЕ/г абс.сух. почвы $\times 10^6$ (2025)

Группа микроорганизмов	Фаза кушения		Фаза выход в трубку		Фаза цветения	
	к1	о1	к2	о2	к3	о3
аммонифицирующие	24,3±4,0	24,8±0,9	26,8±4,9	8,8±0,4*	31,4±1,5	15,8±3,0*
споровые аммонификаторы	2,3±0,1	1,7±0,1*	2,3±0,3	32,6±3,2*	2,7±0,1	2,0±0,1
амилолитические	30,4±2,1	15,0±0,4*	35,3±3,2	13,3±1,1*	45,1±2,0	18,1±2,7*
фосфатмобилизующие	0,4±0,02	0,2±0,03*	0,2±0,03	0,2±0,01	0,2±0,02	0,2±0,01
олигонитрофильные	31,0±0,5	11,5±0,9*	35,2±3,6	14,6±1,4*	42,2±3,1	31, 3±6,1
олигокарбофильные	45,3±3,1	41,5±4,1	30,2±2,6	34,2±5,8	9,5±0,3	15,5±2,6
автохтонные	70,8±6,5	19,9±3,3*	18,2±2,6	4,9±0,7*	24,0±0,6	11,4±1,2*
микромикеты, $\times 10^3$	38,1±3,5	142,2±2,4*	11,8±0,7	60,2±5,9*	31,6±2,7	86,5±1,9*

Примечание: *статистически достоверно при $p < 0,05$ по сравнению с соответствующим контролем

Таблица 4 – Численность представителей микробоценоза почвы при весеннем внесении биопрепарата Грамисил в посевах озимой пшеницы, КОЕ/г абс.сух. почвы $\times 10^6$ (2025)

Группа микроорганизмов	Фаза выход в трубку		Фаза цветения	
	к2	о2	к3	о3
аммонифицирующие	26,8±4,9	13,3±2,3*	31,4±1,5	14,3±3,0*
споровые аммонификаторы	2,3±0,3	1,7±0,1	2,7±0,1	23,3±1,5*

Продолжение таблицы 4

амилолитические	35,3±3,2	14,8±1,0*	45,1±2,0	45,5±6,5
фосфатмобилизующие	0,2±0,03	0,3±0,07*	0,2±0,02	0,2±0,1
олигонитрофильные	35,2±3,6	15,5±1,7*	42,2±3,1	25,8±3,6*
олигокарбофильные	30,2±2,6	30,5±4,2	9,5±0,3	15,3±5,2
автохтонные	18,2±2,6	4,7±1,3*	24,0±0,6	72,5±9,6*
микробицеты, х 10 ³	11,8±0,7	39,1±5,9*	31,6±2,7	118,4±3,5*

Примечание: *статистически достоверно при $p < 0,05$ по сравнению с соответствующим контролем.

При анализе данных таблиц 3 и 4 установлено, что большая часть представителей зимогенной и олиготрофной экологических ниш на всех фазах отбора почвы, независимо от сроков внесения биопрепарата, в опытных вариантах по отношению к контрольным значениям сохраняет одинаковую направленность в изменении показателя КОЕ/г. Чаще это либо сопоставимая с контролем численность, либо существенное снижение численности микроорганизмов. По группе «споровые аммонификаторы» отмечена несколько иная реакция. В частности, при осеннем внесении биопрепарата установлено резкое в 14 раз увеличение численности бактерий почвы, отобранной в фазу выхода в трубку (таблица 3). В образцах, отобранных в фазу цветения, выявлен возврат численности в опытном варианте к контрольному значению. При весеннем внесении биопрепарата подобный пик численности споровых аммонификаторов установлен для опытных образцов, отобранных в фазу цветения (таблица 4). Для пояснения упомянутых опытных данных по споровым аммонификаторам, большинство из которых представлены аэробными видами рода *Bacillus*, следует, во-первых, указать на изменение влажности почвы по срокам ее отбора: 7,4–9,1 % (в фазе кущения), 14,9–18,2 % (в фазе выход в трубку), 8,2–9,1 % (в фазе цветения), т. е. засушливый период чередуется с умеренной влажностью почвы. Во-вторых, в многочисленных исследованиях доказано, что *Bacillus* spp. являются природными регуляторами роста, относящимися к группе PGPB (Plant Growth-Promoting Bacteria), стимулирующих рост растений [10] и реализующих их адаптивный потенциал при неблагоприятных условиях среды. Мы можем констатировать задержку активного роста и развития спорообразующих бактерий, которая выразилась в увеличении показателя КОЕ/г при весеннем внесении биопрепарата в фазе цветения по сравнению с более ранним проявлением активности роста бактерий в фазе выход в трубку при обработке биопрепаратом в осенний период. Однако имеющиеся в литературе результаты, тем не менее не позволяют четко определить механизмы *Bacillus*-опосредованной засухоустойчивости пшеницы, а наоборот поднимают множество новых вопросов, связанных в том числе с метаболическими путями бацилл [10].

Отдельно следует упомянуть представителей автохтонной экологической ниши, относящейся к коренной почвенной микробиоте, которая контролирует процессы разложения специфического органического вещества, трансформации и продуцирования гумусовых соединений почвы. Как известно, при нормальном питательном режиме автохтонная микробиота обычно не доминирует [11]. Таким образом, полученные в эксперименте существенно сниженные по сравнению с контролем значения численности микроорганизмов опытных вариантов свидетельствуют об оптимальном количественном и качественном составе их питатель-

ного субстрата, независимо от сроков внесения Грамисила. Активное развитие автохтонных микроорганизмов было отмечено при весеннем внесении биопрепарата в образцах почвы, отобранной в фазе цветения, о чем свидетельствует значение КОЕ/г равное $72,5 \pm 9,6$ (таблица 4). Обращаем внимание, что аналогичный результат ($70,85 \pm 6,5$ КОЕ/г) был получен для контрольного варианта к1, при отборе почвы в фазе кущения в опыте «осеннее внесение биопрепарата» (таблица 3). Как известно, обсуждаемая микробиота не способна усваивать элементы питания из легкодоступного органического вещества. Автохтонные микроорганизмы используют только специфические органические компоненты почвы различной степени гумификации как источник энергии и субстраты биосинтетических процессов. По-видимому, после зимнего и ранневесеннего периода в почве происходит накопление разных форм гумусовых компонентов, что могло повлиять на активизацию микроорганизмов автохтонной группы, в то время как на протяжении исследуемого вегетационного периода действие биопрепарата Грамисил подавляет процессы изменения гумусового режима почвы. Упомянутое значение КОЕ/г в опыте, равное $72,5 \pm 9,6$, с нашей точки зрения, частично объясняется также активизацией представителей микромицетов.

В отношении микромицетов миксотрофно-синтетической экологической ниши следует подчеркнуть существенное возрастание показателя КОЕ грибных зачатков/г в опытных вариантах по сравнению с контролем, независимо от сроков внесения биопрепарата и сроков отбора почвы. Как известно, микромицеты активно участвуют в процессах деструкции и трансформации как свежего, так и промежуточного, и специфического вещества почвы, включая продуцирование пигментов гумусовых соединений.

Проанализируем влияние биопрепарата Грамисил на эколого-трофические индексы и коэффициенты (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние биопрепарата Грамисил на эколого-трофические индексы и коэффициенты

Показатели	Фаза ку- щения		Фаза выход в трубку				Фаза цветения/воско- вая спелость			
	к1о	о1о	к2о	о2о	к2в	о2в	к3о	о3о	к3в	о3в
2024 год										
коэффициент минерализации	0,7	1,6	1,5	1,9	1,5	1,2	1,4	1,6	1,6	2,0
индекс олиготрофности	1,2	2,4	2,0	2,2	2,0	2,0	1,3	1,0	2,6	1,9
коэффициент педотрофности	1,3	1,8	1,7	1,2	1,7	1,2	1,5	0,8	0,9	1,1
2025 год										
коэффициент минерализации	1,3	0,6	1,3	1,5	1,3	1,1	1,4	1,2	1,4	3,2
индекс олиготрофности	1,9	1,7	1,1	3,9	1,1	2,3	0,3	1,0	0,3	1,1
коэффициент педотрофности	2,9	0,8	0,7	0,6	0,7	0,4	0,8	0,7	0,8	5,1

Примечание: о – осеннее внесение биопрепарата; в – весеннее внесение биопрепарата

На основании микробиологического анализа отобранных образцов почвы установлено, что на протяжении двух лет исследования в опытных вариантах по сравнению с контрольными доминировали иммобилизационные процессы либо

незначительно снижались во всех сроках отбора. Имеет смысл акцентировать внимание на значении коэффициента минерализации, равное 3,2, определенное для опытного образца почвы, отобранного в фазе цветения в 2025 году. Такая величина значения может указывать на повышение скорости разложения гумуса. Существенную разницу более чем в 2 раза отмечали в образцах почвы, отобранной в фазе кушения: в 2024 году – в сторону увеличения коэффициента минерализации, в 2025 году – в сторону уменьшения значения коэффициента минерализации. В первом случае это определено сильным развитием аммонификаторов, что указывает на большую обеспеченность почвы аммиачным азотом, во втором случае снижается степень развития амилолитической части микробной флоры, и, соответственно, ее активность в связывании свободного азота [11]. Последнее подтверждается также существенным уменьшением численности олигонитрофильных бактерий, которые включают азотфиксирующие бактерии.

Не установлено существенного влияния сроков внесения биопрепарата под культуры на процессы превращения белковых соединений почвы.

Индекс олиготрофности Аристовской характеризует активность олиготрофной части почвенного микробоценоза, которая принимает участие в превращении промежуточного органического вещества до конечных продуктов специфического органического вещества, включающих, в частности, гуминовые кислоты, гумины и иные соединения. Значения индекса олиготрофности, установленные при изучении почвенных образцов опытных вариантов исследуемых двух вегетационных периодов, вне зависимости от сроков внесения Грамисила, указывают на одинаковую направленность процессов (таблица 5).

В то же время по годам есть отличия для образцов почвы, отобранных в фазах кушения и восковая спелость/цветение. Значение показателя «индекс олиготрофности», полученный на основании анализа образцов почвы, отобранных в фазу кушения и равный 2,4 (в контроле – 1,2) свидетельствует о том, что биопрепарат Грамисил в 2024 году индуцировал замедление процессов деструкции промежуточного органического вещества, а в 2025 году аналогичные результаты получены в фазе выход в трубку (абсолютное снижение активности процессов биохимического упрощения органических остатков) и фазе восковая спелость/цветение (относительное замедление скорости процессов превращения в отношении значений контроля). Вышесказанное может указывать на переход изучаемого микробоценоза в более устойчивое состояние, близкое к состоянию климаксовой системы [11].

Значения коэффициента педотрофности (таблица 5), установленные на основании изучения опытных образцов почвы обоих вегетационных периодов, в частности с 1,7 до 1,2 и с 0,7 до 0,4, отобранных в фазе выход в трубку, свидетельствуют о снижении в большей или меньшей степени устойчивости изучаемого биогеоценоза к негативным воздействиям по сравнению с контролем в виду уменьшения величины анализируемого коэффициента. В данный период замедление процессов деструкции промежуточного органического вещества определяет снижение активности процессов превращения специфического органического вещества почвы через реакции поликонденсации и полимеризации в гумусовые вещества почвы. В свою очередь, для опытных образцов почвы, отобранных в фазах кушения и восковой спелости/цветения, выявлена разная реакция по годам. Более высокое значение коэффициента педотрофности, равное 1,8 (в контроле 1,3), и значение 5,1 (в контроле 0,8) свидетельствуют об усилении гумификации промежуточного

вещества представителями олиготрофной микробной ниши, что инициирует интенсификацию процессов разложения, трансформации и продуцирования гумуса. Данные процессы существенно повышают устойчивость ценоза к негативным воздействиям со стороны прежде всего биотических факторов среды [11].

Заклучение

На основании выполненного микробиологического изучения биопрепарата Грамисил, используемого для прикорневой подкормки в фазе кущения в двух сроках (осенний и весенний периоды) в посевах озимой пшеницы, культивированной на почвах юго-восточного региона республики, установлено следующее:

1) внесение биопрепарата Грамисил приводит для большинства представителей микроорганизмов почвы зимогенной, олиготрофной, автохтонной экологических ниш к достоверному снижению их численности по сравнению с контролем, что, вероятно, связано с активизацией энергозатратных процессов адаптивности представителей микробного сообщества опытных вариантов к меняющимся биотическим и абиотическим компонентам агроэкосистемы, включая стрессовые метеоусловия;

2) значения эколого-трофических коэффициентов и индексов свидетельствуют об отсутствии существенного влияния сроков внесения биопрепарата под озимую пшеницу на процессы превращения белковых соединений почвы и на одинаковую направленность процессов деструкции промежуточного органического вещества и его начальной гумификации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Препарат микробный «Грамисил», [Электронный ресурс]. – URL: <https://pesticidy.by/mikrobiologicheskie-udobreniya/preparat-mikrobnij-gramisil-zh/>. (дата обращения: 20.01.2025).
2. **Концевая, И. И.** Влияние биопрепарата Грамисил в посевах озимого ячменя на агрономически ценные группы почвенных микроорганизмов / И. И. Концевая [и др.] // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2025. – № 3 (150). – С. 25–31.
3. **Чернова, Т. И.** Управление почвенными микробными сообществами: возможности и перспективы / Т. И. Чернова, М. В. Семенова // Почвоведение. – 2021. – № 12. – С. 1506–1522.
4. **Timofeeva, A.** Prospects for Using Phosphate-Solubilizing Microorganisms as Natural Fertilizers in Agriculture / A. Timofeeva, M. Galyamova, S. Sedykh // Plants. – 2022. – № 11. – P. 2119.
5. Климатическая характеристика мая 2024 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://pogoda.by/information/news/21916>. (дата обращения: 20.11.2025).
6. **Концевая, И. И.** Влияние микробных удобрений на взаимоотношения основных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов в посевах ярового ячменя в условиях засухи / И.И. Концевая [и др.]. // Известия ГГУ им. Ф. Скорины. – 2024. – № 3 (144). – С. 46–51.
7. Климатическая характеристика весеннего сезона 2025 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-xarakteristika-vesennego-sezona-2025-goda-9949-2025/> (дата обращения: 25.10.2025).
8. Климатическая характеристика летнего сезона 2025 года [Электронный ресурс]. – URL: <https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-xarakteristika-letnego-sezona-2025-goda-10625-2025/> (дата обращения: 25.10.2025).
9. **Yang, S. F.** Ethylene Biosynthesis and its Regulation in Higher Plants / S. F. Yang, N. E. Hoffman // Annual review of plant biology. – 1984. – Vol. 35. – P. 155–189. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.35.060184.001103>

10. **Ласточкина, О. В.** Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Bacillus* spp.: механизмы реализации и практическая значимость / О. В. Ласточкина // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 51, № 5. – С. 843–867. doi: 10.15389/agrobiology.2021.5.843rus

11. **Титова, В. И.** Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: науч. метод. пособие / В. И. Титова, А. В. Козлов. – Н. Новгород : Нижегород с.-х. акад., 2012. – 192 с.

Поступила в редакцию 09.01.2026 г.

Контакты: dajneko@gsu.by (Дайнеко Николай Михайлович, Концевая Ирина Ильинична, Тимофеев Сергей Федорович, Дайнеко Дарья Валентиновна, Айглова Екатерина Александровна).

Daineko N. M., Kontsevaya I. I., Timofeev S. F., Daineko D. V., Aiglova E. A.
INFLUENCE OF THE BIOPREPARATION GRAMISIL IN WINTER WHEAT CROPS ON AGRONOMICALLY VALUABLE GROUPS OF SOIL MICROORGANISMS

A microbiological study of the biopreparation “Gramisil” used for root application during the tillering phase of winter wheat in two application periods (autumn and spring) was conducted in the soils of the southeastern region of Belarus. The analysis of ecologo-trophic coefficients and indices revealed that the timing of the biopreparation application does not have a significant impact on the transformation processes of soil protein compounds. The study demonstrated a consistent direction in the processes of intermediate organic matter destruction and its initial humification, regardless of the application period.

Keywords: winter wheat, soil microbiocenosis, ecologo-trophic groups of soil microorganisms, Gramisil.