

Влияние препарата микробного Грамисил на взаимоотношения эколого-трофических групп почвы в посевах озимого ячменя

И.И. КОНЦЕВАЯ, Н.М. ДАЙНЕКО, С.Ф. ТИМОФЕЕВ, Д.В. ДАЙНЕКО

В полевом опыте на основании микробиологического тестирования биопрепарата Грамисил, используемого в качестве прикорневой подкормки (в двух сроках: осенний или весенний) в посевах озимого ячменя, культивируемого на почвах юго-восточного региона республики, установлено: значение индекса олиготрофности для опытных образцов, независимо от сроков внесения препарата, указывает на одинаковую направленность процессов деструкции органического вещества и соответствует результатам прошлогоднего исследования.

Ключевые слова: почвенные микроорганизмы, эколого-трофические группы микроорганизмов, биопрепарат Грамисил.

In a field experiment based on microbiological testing of the Gramisil biopreparation, used as a root dressing (in two terms: autumn or spring) in winter barley crops cultivated on the soils of the south-eastern region of the republic, it was established that the oligotrophic index value for the experimental samples, regardless of the timing of application of the preparation, indicates the same direction of the processes of destruction of organic substances and corresponds to the results of last year's study.

Keywords: soil microorganisms, ecological-trophic groups of microorganisms, Gramisil biopreparation.

Введение. Препарат микробный Грамисил разработан в институте микробиологии НАН Беларуси. Основу препарата составляют азотфиксирующие и фосфатсольюбилизирующие эндофитные бактерии, которые обладают уникальными агрономическими характеристиками: способностью к азотфиксации, фосфатсольюбилизации, к синтезу гетероауксина и АЦК-дезаминазы [1], [2]. В вегетационном эксперименте разработчиками установлена эффективность действия Грамисила.

На сегодняшний день в сельскохозяйственном производстве ключевым направлением является применение микробных препаратов с целью увеличения почвенного плодородия [3]. База таких биопрепаратов ежегодно расширяется, стоит вопрос об их биотестировании в реальных агроценозах [4]. В связи с вышесказанным, несомненна актуальность темы текущего исследования. Данная работа является продолжением авторского исследования, выполненного в прошедшем году [5].

Цель работы – изучение влияния биопрепарата Грамисил на количественные и качественные соотношения между микроорганизмами почвы важных физиологических групп в посевах озимого ячменя, выращиваемого на полях юго-восточного региона республики.

Методы исследования. Тестирование выполняли в вегетационный период 2024–2025 гг. на полях агрокомбината «Южный» Гомельского района Гомельской области. Опыт был заложен на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на посевах озимого ячменя сорта «Буслик». Основные варианты в эксперименте:

1) контроль (к) – без обработки посевов озимого ячменя биопрепаратом Грамисил;

2) опыт (о) – обработка посевов озимого ячменя микробным биопрепаратом Грамисил.

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.

Агрохимические свойства почвы соответствовали оптимальным параметрам для злаков, характеризовались следующим: рН в КС1 – 6,0; фосфор – 296 мг/кг; калий – 272 мг/кг. Площадь опытных делянок составляла 5 м², размещение рендомизировано; повторность опытов – 4-х кратная.

Отбор образцов почвы выполняли в соответствии с [6] по следующим фазам роста и развития озимого ячменя: кущения, колошения, полная спелость. Микробиологическое исследование почвы проводили согласно общепринятым в почвенной микробиологии методам [7]. Численность микроорганизмов определяли в колониеобразующих единицах (КОЕ) при пере-

счете на 1 г абсолютно сухой почвы [8]. Влажность почвы выявляли термостатно-весовым методом в соответствии с ГОСТом [9]. Оценку состава и спектра микробного сообщества оценивали по коэффициенту минерализации-иммобилизации Мишустина (КАА/МПА), индексу олиготрофности Аристовской (ГА/МПА), коэффициенту педотрофности Никитина (НА/МПА) [10]. Анализ глубины и интенсивности превращения азотсодержащих соединений при участии микрофлоры почвы в тестируемых образцах выполняли по коэффициенту трансформации органического вещества $P_m = (M_{ПА} + K_{АА}) \times (M_{ПА}/K_{АА})$ [11].

Полученные в опыте данные подвергали статистической обработке с применением Excel 2010. Сравнение анализируемых показателей между контрольными и опытными группами определяли с использованием t-критерия Стьюдента [12].

Результаты исследования и их обсуждение. Метеорологические условия по данным Гомельского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период исследуемого вегетационного сезона 2025 г. представлены в таблице 1 [13], [14].

Таблица 1 – Динамика осадков и температуры воздуха в среднем по Гомельской области, 2025 г.

Параметр	III	IV	V	VI	VII	Сумма
Осадки, мм	37	28	100	85	129	379
Норма, мм	39	39	63	72	90	303
% от нормы	95	72	158	118	143	125
Температура воздуха, °С	+5,2	+9,3	+10,9	+16,6	+19,8	–
Норма, °С	+0,8	+7,8	+13,4	+17,0	+18,9	–
Отклонение от нормы, °С	+4,4	+1,5	-2,5	-0,4	+0,9	–

Примечание: III – март; IV – апрель; V – май; VI – июнь; VII – июль.

Анализ динамики осадков и температуры воздуха показал, что в 2025 г. за исследуемый период сложились благоприятные условия по влагообеспеченности для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Согласно климатическим характеристикам за март–июль менялась и влажность почвы (таблица 2). Раннее начало вегетации в марте сменилось сложными условиями в холодном и переувлажненном мае, что в целом могло негативно сказаться на развитии злаковых культур, несмотря на общий избыток осадков за анализируемое полугодие [15], и что могло влиять на рост и развитие микроорганизмов почвы [16].

Таблица 2 – Коэффициент влажности почвы, %

Срок внесения биопрепарата	к нач.	Фаза кущения		Фаза колошения		Фаза полная спелость	
		к1	о1	к2	о2	к3	о3
осеннее	6,3	7,8	10,1	13,0	15,8	8,7	4,9
весеннее	6,3	–	–	13,0	15,0	8,7	5,2
сроки отбора почвы	28.10.2024	06.05.2025		29.05.2025		17.06.2025	

Колебания значений коэффициента влажности почвы соответствовали климатическим характеристикам анализируемого периода вегетации (таблица 2, 1). Несомненно, важную роль здесь сыграло перераспределение осадков по декадам месяца. В частности, в первой декаде мая отмечали низкий показатель по осадкам, в то время как в последней декаде наблюдали чрезмерное количество осадков [13], [14]. Это сказалось на значении коэффициента влажности почвы, соответственно, равного 7,8–10,1 и 13,0–15,8 %. Июньские образцы почвы характеризовались существенным снижением показателя влажности почвы до 4,9–8,7 % (таблица 2). Хотя за июнь суммарное количество осадков превышало норму и составило 118 % от нормы, но и в этом случае, как и в мае, динамика осадков по декадам месяца существенно различалась, что сказалось на влажности отобранной почвы. Следует подчеркнуть, что именно сведения об осадках дают представление о степени увлажнения почвы в период вегетации растений [17], что также оказывает влияние на жизнедеятельность других представителей эукариот и прокариот.

Численность представителей исследуемого микробоценоза почвы при осеннем внесении биопрепарата Грамисил показана в таблице 3 с учетом распределения по экологическим нишам.

Таблица 3 – Численность представителей микробоценоза почвы при осеннем внесении биопрепарата Грамисил в посевах озимого ячменя, КОЕ/г абс.сух. почвы $\times 10^6$

Группа микроорганизмов	к нач.	Фаза кушения		Фаза колошения		Фаза полной спелости	
		к1	о1	к2	о2	к3	о3
зимогенная экологическая ниша							
аммонифицирующие	46,6 ± 4,9	21,8 ± 2,0	23,1 ± 2,9	24,6 ± 5,4	23,1 ± 5,7	15,4 ± 2,5	27,0 ± 4,6*
споровые аммонификаторы	2,7 ± 0,3	1,7 ± 0,7	6,0 ± 0,6*	2,4 ± 0,1	2,7 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,5 ± 0,2
амилолитические	86,3 ± 3,1	26,7 ± 2,5	34,2 ± 0,7*	28,8 ± 2,4	38,2 ± 4,7*	29,3 ± 1,5	29,2 ± 0,6
целлюлозолитические	62,1 ± 9,9	47,2 ± 3,9	81,4 ± 6,1*	36,7 ± 2,5	72,2 ± 3,5*	38,9 ± 1,7	44,2 ± 2,2
олиготрофная экологическая ниша							
фосфатмобилизующие	0,7 ± 0,1	0,4 ± 0,2	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,03 ± 0,01*	0,1 ± 0,04	0,1 ± 0,02
олигонитрофильные	34,0 ± 2,4	17,6 ± 2,2	44,3 ± 2,7*	43,2 ± 5,1	56,8 ± 5,4	22,4 ± 1,5	32,8 ± 3,2*
олигокарбофильные	53,3 ± 2,5	48,3 ± 0,8	52,0 ± 2,7	37,8 ± 6,2	54,9 ± 5,3*	34,0 ± 2,1	38,6 ± 6,7
автохтонная экологическая ниша							
автохтонные	52,4 ± 8,0	20,4 ± 2,8	45,9 ± 3,2*	32,8 ± 3,4	32,3 ± 5,0	24,8 ± 4,5	31,1 ± 3,9
миксотрофно-синтетическая экологическая ниша							
микробицеты, $\times 10^3$	52,1 ± 1,6	31,6 ± 2,9	34,8 ± 4,3	42,6 ± 6,5	34,9 ± 1,2	64,2 ± 6,2	22,4 ± 0,4*

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

При анализе представителей зимогенной экологической ниши отмечено, что препарат Грамисил стимулирует рост отдельных групп микроорганизмов в опытных образцах отобранной почвы, либо не оказывает никакого влияния. Аналогичный результат по зимогенной экологической нише был выявлен в исследованиях Грамисила в предыдущем вегетационном периоде [5]. По олиготрофной и автохтонной экологическим нишам получены результаты, также указывающие на стимулирующий эффект тестируемого препарата. Отмечено единственное исключение для почвенного образца, отобранного в фазу колошения в отношении фосфатмобилизующих бактерий.

Данные по средним значениям КОЕ/г для представителей анализируемых экологических ниш микроорганизмов почвы при весеннем внесении биопрепарата Грамисил в посевах озимого ячменя представлены в таблице 4.

На начальном этапе превращения свежей органической биомассы отмечено существенное влияние изучаемого биопрепарата на увеличение численности в образцах почвы, отобранных в фазе полной спелости ячменя, по споровым аммонификаторам в 10 раз и целлюлозолитическим аэробным бактериям в 1,4 по сравнению с соответствующим контролем (табл. 4). В отношении олиготрофной экологической ниши отмечен существенный позитивный эффект Грамисила по увеличению численности фосфатмобилизующих бактерий в опытных образцах почвы, отобранных в фазе колошения и фазе полной спелости ячменя, и олигокарбофильных бактерий в опытном почвенном образце, отобранном в фазу колошения. В упомянутом образце почвы в тоже время установлено статистически достоверное понижение численности представителей группы олигонитрофильных бактерий, которая включает азотфиксаторы.

Таблица 4 – Численность представителей микробоценоза почвы при весеннем внесении биопрепарата Грамисил в посевах озимого ячменя, КОЕ/г абс.сух. почвы $\times 10^6$

Группа микроорганизмов	к нач.	Фаза колошения		Фаза полная спелость	
		к2	о2	к3	о3
зимогенная экологическая ниша					
аммонифицирующие	46,6 ± 4,9	24,6 ± 5,4	31,1 ± 3,0	15,4 ± 2,5	19,3 ± 2,3
споровые аммонификаторы	2,7 ± 0,3	2,4 ± 0,1	2,1 ± 0,4	2,1 ± 0,1	21,4 ± 1,5*
амилолитические	86,3 ± 3,1	28,8 ± 2,4	30,8 ± 3,3	29,3 ± 1,5	27,5 ± 0,5
целлюлозолитические	62,1 ± 10,1	36,7 ± 2,5	33,7 ± 6,7	38,9 ± 1,7	51,2 ± 4,7*
олиготрофная экологическая ниша					
фосфатмобилизующие	0,7 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,7 ± 0,1*	0,1 ± 0,04	0,2 ± 0,02*
олигонитрофильные	34,0 ± 2,4	43,2 ± 5,1	27,1 ± 2,6*	22,4 ± 1,5	29,1 ± 2,1
олигокарбофильные	53,3 ± 2,5	37,8 ± 6,2	52,6 ± 2,3*	34,0 ± 2,1	38,4 ± 3,3
автохтонная экологическая ниша					
автохтонные	52,4 ± 8,0	32,8 ± 3,4	19,7 ± 3,9*	24,8 ± 4,5	42,8 ± 11,1*
миксотрофно-синтетическая экологическая ниша					
микробицеты, $\times 10^3$	52,1 ± 1,6	42,6 ± 6,5	22,0 ± 1,1 *	64,2 ± 6,2	19,3 ± 5,1*

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

Касательно группы олиготрофов было выявлено существенное снижение численности ее представителей в опытных образцах почвы в 1,3 раза по сравнению с контрольным образцом, отобранных в фазе колошения ячменя, и существенное повышение в 1,7 раза в образцах, отобранных в фазе полная спелость.

В отношении микромицетов установлено их достоверное снижение по численности в опытных образцах почвы по сравнению с контролем, отобранных в фазе колошения и в фазе полная спелость, соответственно, в 2–3 раза.

Необходимо подчеркнуть следующую особенность в распределении численности тестируемых групп микроорганизмов, наблюдаемую в полевом эксперименте: вне вегетационного периода (в октябре) отмечена достоверно большая численность, до 1,5–3 раз, представителей аммонифицирующих и амилолитических микроорганизмов по сравнению с их количеством в вегетационный период (таблица 3, 4).

Проанализируем влияние сроков внесения биопрепарата Грамисил (осенний (таблица 3) и весенний сроки (таблица 4)) на количественный состав и качественный спектр представителей почвенного микробоценоза в образцах почвы, отобранных в фазах колошения и полной спелости озимого ячменя.

В отношении почвы, отобранной в фазе колошения, отмечено после фазы кушения продолжение активации процессов разложения первичной органической биомассы представителями амилолитической и целлюлозолитической групп в опытном образце при осеннем внесении биопрепарата в почву, на что указывает достоверное увеличение численности упомянутых микроорганизмов. В опытных образцах, отобранных в фазе полной спелости, независимо от сроков внесения Грамисила, выявлен позитивный эффект биопрепарата, что сказалось на существенном повышении показателя КОЕ/г в отношении отдельных групп микроорганизмов, либо значения показателя оставались на уровне контроля. Касательно олиготрофной экологической ниши установлено, что при осеннем внесении биопрепарата достоверно увеличивается количество представителей олигокарбофильной группы микроорганизмов в 1,5 раза. Аналогичный результат получен и для опытного почвенного образца при весеннем внесении биопрепарата. Ожидаемый результат выявлен в отношении фосфатмобилизующих бактерий. При осеннем внесении Грамисила, который включает в своем составе *Pseudomonas brassicacearum* БИМ И-1917Д (фосфатмобилизующий штамм) [1], [2], отмечено в почвенном образце, отобранном в фазе колошения, достоверное снижение численности фосфатмобилизующих бактерий в 6,7 раза, в то время как при весеннем внесении биопрепарата определено достоверное повышение их численности в 3,5 раза. Полученный результат можно объяснить свежим внесением весной в почву фосфатмобилизующего штамма в составе биопрепарата. Однако в отношении олигонитрофильных микроорганизмов, представленных в основном азотфиксаторами, получен противоположный результат. При осеннем внесении Грамисила численность олигонитрофильных микроорганизмов в опытном образце сопоставима с контрольным значением, при весеннем внесении биопрепарата – существенно понижается в 1,6 раза. Здесь необходимо упомянуть о включении в состав Грамисила азотфиксирующего штамма *Rahnella aquatilis* В-1916Д [1], [2], однако, во-первых, функционирование бактерий упомянутого штамма зависит от наличия в почве других форм азота, в первую очередь в аммонийной форме, во-вторых, в образцах почвы, отобранной в фазе полной спелости, численность азотфиксаторов в опытном образце сопоставима с контрольным значением. Таким образом, внесение Грамисила не оказывает влияние на численность представителей автохтонной экологической ниши в опытных образцах почвы по сравнению с контрольным значением, независимо от сроков отбора почвы. При весеннем внесении препарата в опытном образце почвы, отобранном в фазе колошения, отмечено существенное снижение численности микроорганизмов по сравнению с контрольным образцом в 1,9 раза, а в фазе полной спелости выявлено достоверное повышение количества микроорганизмов в 3,3 раза.

Касательно микромицетов, представляющих миксотрофно-синтетическую экологическую нишу, в опытных образцах, независимо от сроков внесения биопрепарата и сроков отбора почвы, установлено уменьшение, в том числе достоверное, их численности. Такие значения КОЕ/г указывают на подавление процессов трансформации всевозможных компонентов органического вещества почвы и снижение продуцирования 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	К нач.	Фаза кущения		Фаза колошения				Фаза полная спелость			
		к1о	о1о	к2о	о2о	к2в	о2в	к3о	о3о	к3в	о3в
коэффициент минерализации	1,9	1,2	1,5	1,2	1,7	1,2	1,0	1,9	1,1	1,9	1,4
индекс олиготрофности	1,1	2,2	2,3	1,5	2,4	1,5	1,7	2,2	1,4	2,2	2,0
коэффициент педотрофности	1,1	0,9	2,0	1,3	1,4	1,3	0,6	1,6	1,2	1,6	2,2
P_m – коэф. трансформации	71,7	108,6	65,6	113,8	58,7	113,8	99,9	70,0	90,0	70,0	68,0

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

При осеннем внесении Грамисила в опытных образцах почвы отмечено усиление иммобилизационных процессов, отобранных в фазе колошения, об этом свидетельствует показатель коэффициента минерализации, равный 1,7 (в контроле – 1,2). В опытном образце, отобранном в фазе полная спелость, минерализационные и иммобилизованные процессы в исследуемом агроценозе протекают с равной степенью интенсивности, в то время как в контрольном образце доминируют минерализационные процессы.

При весеннем внесении Грамисила в образцах почвы (и контрольном, и опытном), отобранных в фазе колошения, процессы иммобилизации и минерализации уравновешены, в то время как в почвенных образцах, отобранных в фазе полной спелости, сохраняется такая же тенденция, которая установлена для осеннего внесения биопрепарата.

Значение индекса олиготрофности Аристовской, установленном при изучении почвенных образцов опытных вариантов, вне зависимости от сроков внесения биопрепарата Грамисил, указывает на одинаковую направленность процессов (таблица 5), что согласуется с результатами прошлогоднего исследования [5]. На стадии колошения в опытных вариантах почвы по сравнению с контролем замедляются процессы деструкции органического вещества. В тоже время для опытных почвенных образцов, отобранных в фазе полной спелости, отмечена интенсификация процессов деструкции, что может свидетельствовать о переходе изучаемого микробоценоза в более устойчивое состояние, близкое к состоянию климаксной системы. Следует упомянуть, что олиготрофная часть исследуемого почвенного микробоценоза принимает участие в превращении промежуточной биомассы до структур специфического органического вещества, включающих негидролизуемые остатки, фульвокислоты, гумины. Относительно коэффициента педотрофности выявлен разный ответ на сроки внесения Грамисила: при осеннем внесении значения показателя в опыте и контроле практически не различаются в обоих сроках отбора, в то время как при весеннем внесении при отборе почвы в фазу колошения в опытном образце значение равно 0,6 (в контроле 1,3), в фазу полной спелости – 2,2 (в контроле 1,6). Данные цифры указывают, что при обработке Грамисилом в фазе колошения активность автохтонной части микробонаселения существенно уменьшается, а в фазу полной спелости – возрастает. И в последнем случае значение индекса педотрофности, равное 2,2 указывает, что исследуемый агроценоз обладает большей устойчивостью к негативным антропогенным воздействиям по сравнению с контролем. В данный период замедление процессов преобразования органического вещества промежуточной стадии разложенности определяет снижение активности процессов превращения неспецифической органической части почвы через реакции поликонденсации и полимеризации в гумусовые вещества почвы.

Значение коэффициента трансформации свидетельствует, что в опытных образцах, отобранных в фазе колошения, интенсивность трансформации понижается по сравнению с контролем при обоих сроках внесения препарата. В тоже время в образцах, отобранных в фазе полной спелости, независимо от сроков внесения Грамисила, процесс трансформации находится на уровне контроля или превышает его.

Заключение. На основании выполненного микробиологического исследования микробного препарата Грамисил, используемого для прикорневой подкормки в фазе кущения (в двух сроках: осенний и весенний периоды) в посевах озимого ячменя, выращиваемого на дерново-подзолистой почве юго-восточного региона республики, установлено: значения ко-

эффициента трансформации свидетельствуют, что независимо от сроков внесения биопрепарата, в опытных образцах, отобранных в фазе колошения, интенсивность превращения азот-содержащих соединений уменьшается по сравнению с контролем. В тоже время в образцах, отобранных в фазе полной спелости, независимо от сроков внесения Грамисила, процесс трансформации находится на уровне контроля или превышает его.

Значение индекса олиготрофности вне зависимости от сроков внесения биопрепарата Грамисил для опытных образцов указывает на одинаковую направленность процессов и соответствует результатам прошлогоднего исследования. На стадии колошения в опытных образцах почвы по сравнению с контролем тормозятся процессы деструкции органического вещества. В тоже время для опытных почвенных образцов, отобранных в фазе полной спелости, отмечено усиление процессов деструкции, что может подтверждать переход тестируемого микробоценоза в состояние климаксной системы.

Литература

1. Грамисил. – URL: <https://inmi.by/2023/09/06/gramisil/> (дата обращения: 28.05.2025).
2. Препарат микробный «Грамисил», ж. – URL: <https://pesticityby/mikrobiologischeskie-udobreniya/preparat-mikrobnyj-gramisil-zh/> (дата обращения: 28.05.2025).
3. Timofeeva, A. Prospects for using phosphate-solubilizing microorganisms as natural fertilizers in agriculture / A. Timofeeva, M. Galyamova, S. Sedykh // *Plants*. – 2022. – № 11. – P. 2119.
4. Чернова, Т. И. Управление почвенными микробными сообществами: возможности и перспективы / Т. И. Чернова, М. В. Семенова // *Почвоведение*. – 2021. – № 12. – С. 1506–1522.
5. Концевая, И. И. Влияние биопрепарата Грамисил в посевах озимого ячменя на агрономически ценные группы почвенных микроорганизмов / И. И. Концевая, Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев [и др.] // *Известия ГГУ им. Ф. Скорины*. – 2025. – № 3 (150). – С.25–31.
6. Растениеводство. Практикум: учебно-методическое пособие / В. Г. Тарануха [и др.]. – Горки : БГСХА, 2023. – 373 с.
7. Прудникова, С. В. Методы микроэкологического исследования наземных, водных и воздушных экосистем: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / С. В. Прудникова [и др.]. – Красноярск : СФУ, 2007. – 152 с.
8. Вильдфлуш, И. Р. Практикум по агрохимии / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Ураджай, 1998. – 270 с.
9. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений : ГОСТ 28268-89 ; введ. 06.09.1990. – М. : Стандартинформ, 2006. – 6 с.
10. Титова, В. И. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: науч. метод. пособ. / В. И. Титова, А. В. Козлов. – Н. Новгород : Нижегород с.-х. акад., 2012. – 192 с.
11. Зинченко, М. К. Влияние известкования на численность эколого-трофических групп микроорганизмов в серой лесной почве / М. К. Зинченко, С. И. Зинченко // *Успехи современного естествознания*. – 2018. – № 7. – С. 43–47.
12. Доспехов, Б. А. Практикум по земледелию: учеб. для ун-тов / Б. А. Доспехов, И. П. Васильев, А. М. Туликов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – 58 с.
13. Климатическая характеристика весеннего сезона 2025 года. – URL: <https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-karakteristika-vesennego-sezona-2025-goda-9949-2025/> (дата обращения: 05.10.2025).
14. Климатическая характеристика летнего сезона 2025 года. – URL: <https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-karakteristika-letnego-sezona-2025-goda-10625-2025/> (дата обращения: 05.10.2025).
15. Растениеводство: учеб. для вузов / Г. С. Посыпанов [и др.]. – М., 2022. – 612 с.
16. 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.
17. Найденов, А. С. Почвенная влага (принципы и пути регулирования водного режима почвы) : учеб. пособ. / А. С. Найденов, В. П. Василько, С. С. Терехова. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – 77 с.