УДК 631.46:631.452

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И ПОЧВЕННОМ ПЛОДОРОДИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

СТИФЕЕВ А.И.,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии, садоводства и защиты растений,
ФГБОУ ВО Курская ГСХА.

ЛАЗАРЕВ В.И.,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «Курский ФАНЦ».

НИКИТИНА О.В.,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, садоводства и защиты растений,
ФГБОУ ВО Курская ГСХА.

Реферат. В статье приведены данные и микроорганизмах различных типов почв, играющих основную роль в биологическом круговороте веществ. Отмечено, что микроорганизмы почв осуществляют детоксикацию различных соединений поступающих в почву. Приведена схема биологического круговорота, которая свидетельствует о минерализации органических остатков и последующим использованием продуктов минерализации в питании продуцентов. Отмечается, что почвенные микроорганизмы (клубеньковые и свободноживущие) выполняют огромную роль в фиксации атмосферного азота. Установлено количество полезной микрофлоры в черноземных и темно-серых лесных почвах и их биологическая активность в агроценозах озимой пшеницы. Изучена ферментативная активность каталазы в условиях загрязнения почв Михайловским ГОКом КМА. Выполнены исследования о влиянии микробиологического препарата нового поколения Биоккомпозит-коррект на урожайность ярового ячменя и эффективность его применения на темно-серых лесных почвах.

Ключевые слова: микроорганизмы, почва, круговорот веществ, почвенное плодородие, органические вещества, ферментативная активность, биопрепарат, минерализация, ячмень, эффективность.

THE ROLE OF MICROORGANISMS IN THE CIRCULATION OF SUBSTANCES AND SOIL FERTILITY OF THE CENTRAL BLACK EARTH

STIFEEV A.I.,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Ecology, Horticulture and Plant Protection, FSBEI HE Kursk State Agricultural Academy.

LAZAREV V.I.,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kursk FANTS.

NIKITINA O.V.,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Horticulture and Plant Protection, FSBEI HE Kursk State Agricultural Academy.

Essay. The article presents data on microorganisms of various soil types, which play a major role in the biological cycle of substances. It was noted that soil microorganisms detoxify various compounds entering the soil. A biological cycle diagram is presented, which indicates the mineralization of organic residues and the subsequent use of mineralization products in the nutrition of producers. The enzymatic activity of catalase was studied under conditions of soil pollution by the Mikhailovsky GOK KMA. Studies have been carried out on the effect of a new generation of microbiological preparation Biocomposite-correct on the yield of spring barley and the effectiveness of its use on dark gray forest soils.

Keywords: microorganisms, soil, the cycle of substances, soil fertility, organic matter, enzymatic activity, biological product, mineralization, barley, efficiency.

Введение. За последние 30 лет отмечается значительный интерес к изучению полезных видов почвенных микроорганизмов, играющих важнейшую роль в плодородии всех типов почв. Почва - сложнейшая система, основным компонентом которой являются населяющие её живые организмы - активные участники биологического круговорота веществ, фиксации атмосферного азота, влияющие на самоочищение почвы от загрязнителей [1, 2, 3, 16]. Почвенные микроорганизмы выполняют важнейшую роль в детоксикации различных соединений, поступающих в почву и оказывают влияние на качество сельскохозяйственной продукции. В 1 г почвы содержится от 3 до 90 млн. бактерий, 0,1-35 млн. актиномицетов, 8-1000 тыс. микроскопических грибов, 100 тыс. водорослей и 1,5-6 млн. простейших [4, 5].

Микроорганизмы - наиболее изученная группа почвенной биоты, они характеризуются многочисленностью и высокой активностью. Численность микроорганизмов имеет широкие вариации, которые зависят от типа почв, метеорологических условий и влияния антропогенных факторов. В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства почвенный покров испытывает значительную антропогенную нагрузку в результате эрозии, подкисления, засоления, загрязнения почв нефтепродуктами и тяжёлыми металлами. Общая площадь пашни Центрального Черноземья составляет 10705 тыс. га, из них черноземные почвы 9754 тыс. га, серые лесные - 756 тыс. га и другие типы - 125 тыс. га [6].

В зависимости от плодородия почв осуществляется уникальная способность микроорганизмов фиксировать атмосферный азот. Так, клубеньковые бактерии позволяют накопить в почве от 60 до 300 кг/га биологического азота [4]. Продукты ежегодно синтезируют огромное количество фитомассы $(115-117) \times 10^9$ т, и которой на долю опада приходится от $(20 \text{ до } 50) \times 10^9$ т. Кроме того дополнительная биомасса прижизненных выделений корней составляет около 50 % фитомассы растений. В условиях Центрального Черноземья основными агроценозами являются озимые культуры (40 %). Отмершая фитомасса связана с поступлением в почву соломы, корней, что не в состоянии стабилизировать почвенное плодородие.

Цель наших исследований состояла в изучении численности микроорганизмов в агроценозах зерновых культур, определении ферментативной и биологической активности микроорганизмов, применения эффективности микробио-

логических препаратов Биоккомпозит-коррект при возделывании ячменя.

Для решения поставленной цели были обозначены следующие задачи:

1. Определить количественный и видовой состав микроорганизмов в черноземных и серых лесных почвах;
2. Изучить ферментативную активность микроорганизмов;
3. Определить биологическую активность целлюлозоразрушающих организмов;
4. Установить влияние микробиологического препарата Биоккомпозит-коррект на урожайность и эффективность возделывания ярового ячменя.

Объекты и методика исследования. Определение микробиологической активности и их видового состава в агроценозах чернозёмов типичных и темно-серых лесных почв Железнодорожного района и техногенных ландшафтах Михайловского ГОКа КМА. Определение видового состава микроорганизмов, их ферментативной активности использовали методы [7,8]. Биологическую активность определяли - аппликационным методом, ферментативную активность микроорганизмов определяли согласно Галстяна [10,11]. Для определения влияния микробиологического препарата Биоккомпозит-коррект при возделывании ярового ячменя на темно-серых лесных почвах применяли обработку семян в дозе 1,0 л/т, опрыскивание вегетирующих посевов в дозе 2 л/га, внесение в почву в дозе - 2 л/га. Агрохимические свойства почв были взяты из картограмм, посевы зерновых культур проводили в лучшие агротехнические сроки, статистическую обработку урожайных данных выполнили согласно методики В.А. Доспехова [12].

Результаты исследования. Микроорганизмы в биоценозах минерализуют органические остатки, замыкая биологические циклы экосистем. Основными деструкторами органических отмерших остатков являются микроорганизмы. На рисунке 1 приведен биологический круговорот превращения из недоступных органических соединений в усвояемые редуцентами формы в процессе их минерализации.

В процессе деструкции органических веществ микроорганизмами выделяется 85 % диоксида углерода. Дыхание микроорганизмов способствует растворению минералов. Мертвые органические вещества в почве подвергаются минералогическому разложению и окислению - гумификации. При разложении органических остатков происходит синтез специфических органических веществ почвы - гуминовых и фульвокислот.

Рисунок 1 - Биотический круговорот, связанный с жизнедеятельностью почвенной микробиоты

Таблица 1 – Количество микроорганизмов и их видовой состав в черноземах типичных и темно-серых лесных почвах, млн. КОЕ/г

Глубина взятия образца, см	Питательная среда, общее количество микроорганизмов		
	МПА	КАА	Нитраты компостирования
Чернозем типичный			
0-10	43,8	37,8	1,12
10-20	29,9	27,6	0,9
Темно-серая лесная почва			
0-10	30,4	24,3	1,00
10-20	15,1	10,1	0,51
НСР05	4,4-3,8	3,3-4,2	0,25-0,15

Таблица 2 – Биологическая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в различных типах почв, %

Тип почв	Повторность			Среднее	Отклонение
	1	2	3		
Темно-серая лесная	28,7	29,4	30,3	29,5	-
Чернозем типичный	38,8	40,0	42,2	40,3	10,8

Количество микроорганизмов и их видовой состав во многом влияют на плодородие почв. В этой связи, нами определялось количество и видовой состав микроорганизмов в агроценозах озимой пшеницы, возделываемой на типичных черноземах и темно-серых лесных почвах.

Приведенные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что общее количество микроорганизмов, выращенных на твердых питательных средах в черноземах типичных на глубине 10 см составляет 43,8 (МПА) и 37,8 (КАА) млн. КОЕ/г. В темно-серых лесных почвах на (КАА) их количество уменьшается соответственно до 37,8 и 24,3 млн. КОЕ/г. С глубиной (10-20см) их количество значительно убывает (>50%) на темно-серых лесных почвах и составляет 15,1 и 10,1 млн. КОЕ/г. Аналогичная закономерность

отмечается и у нитрифицирующих и азотфиксирующих микроорганизмов.

Большой интерес для нас представляло определение целлюлозоразрушающей активности микроорганизмов под агроценозами озимой пшеницы. С этой целью закладывались льняные полотно на глубину 10-15 см, с экспозицией 30 дней. Результаты разложения клетчатки приведены в таблице 2.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что биологическая активность почв черноземов типичных на 10,8 % выше типовой на темно-серой лесной почве, что свидетельствует о различном плодородии почв.

За последние 20 лет большой интерес ученых связан с изучением биологических препаратов, полученных на основе активных штам-

мов микроорганизмов [4]. В этой связи в течение 10 лет проводились исследования по определению влияния различных микробиологических препаратов на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и плодородие почв. Установлено, что обработка семян высеваемых сельскохозяйственных культур, опрыскивание вегетирующих растений и внесение в почву суспензии микробиологических препаратов повышало урожайность зерновых культур от 3,5 ц/га до 10 и более ц/га. Для примера приведем двухлетние исследования по влиянию микробиологического препарата нового поколения Биоккомпозит-коррект на биологическую активность почвенного микронаселения и урожайность ярового ячменя сорта МИК-1. Результаты биологической активности микроорганизмов приведены на рисунке 3, таблице 3 [3].

Ряд выполненных исследований [10, 9] свидетельствует о том, что микроорганизмы обладают высокой ферментативной активностью. Нами проведены исследования о ферментативной активности микроорганизмов на темно-серых лесных почвах в условиях их загрязнения тяжелыми металлами (Fe, Cd, Pb), поступающих с полевыми выбросами от Михайловского железорудного карьера и хвостохранилища МГО-Ка. При возделывании ярового ячменя в агроценозах, удаленных от источников выбросов на расстоянии от 500 м до 700 м высокая ферментативная активность микроорганизмов определяет их основное значение в процессе разложения токсикантов, переводом их в связанное состояние или превращения их в менее токсичные соединения. В почвах находится большое количество ферментов: пероксидазы, каталазы, нитрогеназы и другие. Наибольшее значение представляет активность каталазы, которая разлагает ядовитую для клеток перекись водорода, обра-

зующуюся в процессе дыхания почвенной биоты и в результате биохимических реакций окисления органических веществ на воду и молекулярный кислород. Каталаза является не только внутриклеточным ферментом, она активно выделяется микроорганизмами в окружающую среду, обладает высокой устойчивостью, может накапливаться и длительно храниться в почве. Наличие ферментов в почве является важным показателем ее активности.

Нами определялась ферментативная активность каталазы в условиях разной степени загрязнения темно-серых лесных почв предприятия Михайловского ГОКа КМА. Результаты исследования приведены на рисунке 2.

Данные рисунка 2 наглядно свидетельствуют о влиянии техногенного загрязнения на ферментативную активность почв, которая распределялась следующим образом: на расстоянии до 5 км от источника загрязнения активность каталазы была минимальной и составила 2,7 см³ O₂ г/мин. При удалении на 25 км активность каталазы возросла более, чем в 2 раза и составила 4,9 см³ O₂ г/мин. Соответственно изменялась биологическая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов [15].

Приведенные в таблице 3 данные свидетельствуют о том, что разложение льняного полотна в темно-серой лесной почве, расположенной вблизи от источников загрязнения (0,5 км) была наименьшей и составила 12,0 %. По мере удаления от источников загрязнения отмечалось увеличение активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов, что позволило увеличить процент разложения до 23,9 % (15 км). На расстоянии 20 км отмечается незначительное увеличение разложения льняного полотна до 24,0 %.

Рисунок 2 - Ферментативная активность каталазы темно-серых лесных почв в зависимости от удаления от источников загрязнения

Таблица 3 - Биологическая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в связи с загрязнением темно-серых лесных почв

Место определения активности микроорганизмов от источников загрязнения	Процент разложения льняного полотна за 30 дней			Среднее, %	Отклонение от контроля, %
	Повторность				
	1	2	3		
0,5 км (контроль)	10,2	13,0	12,8	12,0	-
5 км	11,7	14,3	5,0	13,6	1,6
10 км	16,9	17,7	19,0	17,8	5,8
15 км	22,6	24,0	25,3	23,9	11,9
20 км	23,0	24,2	25,0	24,0	12,0

НСР₀₅

1,2

Таблица 4 - Влияние микробиологического препарата Биоккомпозит-коррект на урожайность ярового ячменя по вариантам опыта (среднее за 2018 - 2019 гг., ц/га)

Варианты опыта	Повторности, ц/га			Среднее	Отклонение от контроля
	1	2	3		
Темно-серая лесная почва (контроль)	31,1	32,3	33,0	32,1	-
Обработка семян - 1 л/т	35,6	36,8	37,5	36,6	4,5
Обработка вегетирующих растений - 2 л/га	38,6	39,0	39,5	39,0	6,9
Обработка семян 1 л/т + обработка вегетирующих растений + внесение в почву 2 л/га	42,2	43,9	45,0	43,7	11,6

НСР₀₅

2,3

За последние 15 лет нами проводили исследования по определению влияния биологических препаратов, созданных на основе активных штаммов микроорганизмов для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Установлено, что обработка семян сельскохозяйственных культур и их внесение в почву в виде суспензий позволяло активировать почвенную микрофлору и повысить урожайность зерновых на 3,5 - 8,0 ц/га и активировать биологическую активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Для примера приведем двухлетние исследования по влиянию биологического препарата Биоккомпозит-коррект при возделывании ярового ячменя сорта МИК-1 на темно-серых лесных почвах. Результаты исследования приведены в таблице 4.

Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что применение микробиологического препарата оказывает значительное влияние на урожайность ярового ячменя. Так, если на контрольном варианте урожайность ярового ячменя составила 32,1 ц/га, то обработка семян

биопрепаратом позволило увеличить урожайность ячменя до 36,6 ц/га, прибавка составила 4,5 ц/га. Наибольшая прибавка урожайности ячменя (11,6 ц/га) получена на варианте двух обработок (семян и вегетирующих растений) и внесение в почву раствора препарата.

На рисунке 3 наглядно приведена биологическая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в разложении льняного полотна.

Анализируя рисунок 3 видно, что в зависимости от способа применения биопрепарата разложение клетчатки в почве значительно изменяется. Так, на варианте 1 (контроль) процент разложения полотна составил 10,6 %, на варианте 2 опрыскивание растений в фазу кушения разложение полотна составило 23 %, на варианте 3 обработка семян + вегетирующих растений + внесение суспензии в почву составила 44,2 %.

За последние 15 лет нами проводили исследования по определению влияния биологических препаратов, созданных на основе активных штаммов микроорганизмов для повы-

шения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что применение микробиологического препарата оказывало значительное влияние на урожайность ярового ячменя. Так, если на контрольном варианте урожайность ярового ячменя составила 32,1 ц/га, то обработка семян биопрепаратом позволила увеличить урожайность ячменя до 36,6 ц/га, прибавка составила 4,5 ц/га. Наибольшая прибавка урожайности ячменя (11,6 ц/га) получена на варианте двух обработок (семян и вегетирующих растений) и внесение в почву раствора препарата.

В таблице 6 приведены данные о влиянии микробиологической активности целлюлозо-

разрушающих микроорганизмов на экономическую эффективность применения биопрепарата по вариантам опыта (среднее за 2 года).

Таким образом, максимальное разложение льняного полотна отмечено на расстоянии 0,5 км от источников загрязнения и составило 12 %. По мере удаления от источников загрязнения отмечается увеличение биологической активности до 24 %, о чем свидетельствует процент разложения полотна.

Из таблицы 6 следует, что основным показателем уровня рентабельности на контрольном варианте составил 41,1 %, при трехкратном применении микробиологического препарата Биоккомпозит-коррект он возрос до 55,4 %.

Контроль; 10,6 %

Биопрепарат 2 л/га; 23 %

Обработка семян+
вегетирующих растений
2 л/га+внесение в почву
2 л/га; 44,2 %

Рисунок 3 – Активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, %

Таблица 5 - Влияние микробиологического препарата Биоккомпозит-коррект на урожайность ярового ячменя по вариантам опыта (среднее за 2018 - 2019 гг., ц/га)

Варианты опыта	Повторности, ц/га			Среднее	Отклонение от контроля
	1	2	3		
Темно-серая лесная почва (контроль)	31,1	32,3	33,0	32,1	-
Обработка семян - 1 л/т	35,6	36,8	37,5	36,6	4,5
Обработка вегетирующих растений - 2 л/га	38,6	39,0	39,5	39,0	6,9
Обработка семян 1 л/т + обработка вегетирующих растений + внесение в почву 2 л/га	42,2	43,9	45,0	43,7	11,6

НСР₀₅

2,3

Таблица 6 - Экономическая эффективность микробиологического препарата Биокомпозит-коррект по вариантам опыта

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Стоимость продукции, руб.	Производственные затраты, руб.	Себестоимость 1 ц, руб.	Чистый доход, руб.	Уровень рентабельности, %
Темно-серая лесная почва (контроль)	32,1	25680	18200	566,9	7480,0	41,1
Обработка семян - 1 л/т	35,6	28480	19000	533,7	9480,0	49,8
Обработка вегетирующих растений - 2 л/га	38,6	31200	20700	535,4	10500,0	50,7
Обработка семян 1 л/т + обработка вегетирующих растений + внесение в почву 2 л/га	42,2	34960	22500	533,2	12460,0	55,4

Таким образом, малый биологический круговорот веществ подтверждает роль микроорганизмов в минерализации органических отмерших растительных и животных остатков, продукты которых используются продуцентами. Установление количества микроорганизмов в почвах и их видовой состав свидетельствует о том, что в черноземах типичных общее количество микроорганизмов на 1/3 превышает таковое в темно-серых лесных почвах. Основная масса микроорганизмов сосредоточена в верхнем (0-10 см) слое почв. Биологическая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов также зависела от типа почв. Так, в черноземах типичных она составила в слое 0-15 см 40,3 %, в темно-серых лесных почвах она уменьшилась до 29,5%. В условиях загрязнения пылевыми выбросами и тяжелыми металлами темно-серых лесных

почв, поступающих от железнорудного карьера и хвостохранилища МГОКа микробиологическая активность повышалась в зависимости от удаления от источников загрязнения и составила 12 % (0,5 км) и 25,3 % (15 км). Аналогичная закономерность проявлялась в изменении ферментативной активности каталазы, соответственно, составила 2,1 см³ О₂ г/млн. (0,5 км) и 4,9 см³ О₂ г/млн. (25 км). Изучено влияние микробиологического препарата Биокомпозит-коррект на урожайность ярового ячменя на темно-серых лесных почвах. Так, на варианте двух обработок семян и вегетирующих растений получен максимальный урожай ячменя 42,2 ц или на 10,1 ц/га больше контрольного варианта (без применения препарата). Применение микробиологического препарата позволило увеличить уровень рентабельности с 41,1% (контроль) до 55,4 %.

Список использованных источников

1. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. – Л.: Наука, 1980. – 187 с.
2. Виноградский С.Н. Микробиология почвы - М.НЛ., 1952. - 792 с.
3. Емцев В.Т., Мишустин Е. Н. Микробиология: учебник для бакалавров — 8-е изд., испр. и доп. — М.: Изд-во Юрайт, 2014. - 445 с.
4. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. - М.: Колос, 2000. - 536 с.
5. Звягинцев Д.Г., Голиббет В.Е. Динамика микробной численности, биомассы и продуктивность сообществ // Успехи микробиологии. - 1983. - Вып.18. - С. 215 - 231.
6. Экология Центрального Черноземья: Учебное пособие / Д.В. Муха, А.И. Стифеев, В.П. Герасименко и др. - Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2003. - 191 с.
7. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии - М.: Колос, 1993. – 175 с.
8. Методы почвенной микробиологии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеев, И.П. Бабьева и др. - М.: МГУ, 1980. - 224 с.

9. Кольцова О.М., Стекольников Н.В. Ферментативная активность чернозёма выщелоченного как интегрированный показатель биологической активности // *Агроэкологический вестник*. - Воронеж: ВГАУ, 2002. - Вып. 4. - С. 123 - 127.
10. Кононова М.М. Ферментативная активность как диагностический показатель почв // *Почвоведение*. - 1970. - № 7. - С. 26 - 27.
11. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв // *Проблемы и методы диагностики и индикации почв*. - М.: Изд-во МГУ, 1984. - С.46 - 54.
12. Доспехов В.А. Методика опытного дела - М.: Колос, 1985. - 351 с.
13. Стифеев А.И., Головастикова А.В., Бессонова Е.А. Изменение состава и структуры микробного общества в условиях техногенного ландшафта отвалов Михайловского ГОКа КМА // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. - 2011. - №7. - С. 110 - 112.
14. Яхтин О.И., Лубянов А.А., Яхтин И.А. Физиологическая активность биостимуляторов и эффективность их применения // *Агрохимия*. - 2016. - № 6. - С. 72 - 94.
15. Пигорев И.Я., Грудинкина Е.Ю., Ишков А.О. Биопрепараты в деструкции органической массы сидератов зональных почв // В кн.: *Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве*. - Курск, 2019. - С. 3-9.
16. Долгополова Н.В. Факторы плодородия в биологическом земледелии лесостепи Центрального Черноземья // *Региональный вестник*. – 2016. - № 2 (3). – С.27-29.

List of sources used

1. Aristovskaya T.V. Microbiology of soil formation processes. - L.: Nauka, 1980. - 187 p.
2. Vinogradsky S.N. Microbiology of the soil - M.NL., 1952. - 792 p.
3. Emtsev VT, Mishustin Ye. N. Microbiology: a textbook for bachelors - 8th ed., Rev. and add. - M.: Yurayt Publishing House, 2014.- 445 p.
4. Agroecology / V.A. Chernikov, R.M. Aleksakhin, A.V. Golubev et al.; Ed. V.A. Chernikova, A.I. Checkeres. - M.: Kolos, 2000. - 536 p.
5. Zvyagintsev DG, Golymbet V.E. Dynamics of microbial abundance, bio-mass, and community productivity // *Uspekhi microbiologii*. - 1983. - Issue 18. - S. 215 - 231.
6. Ecology of the Central Black Earth Region: Textbook / D.V. Mucha, A.I. Stifeev, V.P. Gerasimenko et al. - Kursk: Kursk Publishing House. state S.-kh. ac., 2003. -- 191 p.
7. Tepper E.Z., Shilnikova V.K., Pereverzeva G.I. Workshop on Microbiology - M.: Kolos, 1993. - 175 p.
8. Methods of soil microbiology / D.G. Zvyagintsev, I.V. Aseev, I.P. Babieva et al. - Moscow: Moscow State University, 1980. -- 224 p.
9. Koltsova O.M., Stekolnikova N.V. Enzymatic activity of leached chernozem as an integrated indicator of biological activity // *Agroecological Bulletin*. - Voronezh: VGAU, 2002. - Issue. 4. - S. 123 - 127.
10. Kononova M.M. Enzymatic activity as a diagnostic indicator of soils // *Soil Science*. - 1970. - No. 7. - S. 26 - 27.
11. Galstyan A.Sh. Enzymatic activity of soils // *Problems and methods of diagnostics and indication of soils*. - M.: Publishing House of Moscow State University, 1984. - P.46 - 54.
12. Armor V.A. Methodology of experimental work - M.: Kolos, 1985. - 351 p.
13. Stifeev A.I., Golovastikova A.V., Bessonova E.A. Changes in the composition and structure of the microbial society under the conditions of the technogenic landscape of the dumps of the Mikhailovsky GOK KMA // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. - 2011. - No. 7. - S. 110 - 112.
14. Yakhtin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhtin I.A. Physiological activity of biostimulants and the effectiveness of their use // *Agrochemistry*. - 2016. - No. 6. - S. 72 - 94.
15. Pigorev I.Y., Grudinkina E.Yu., Ishkov A.O. Biological products in the Destruction of the Organic mass of green manure of zonal soils // In the Book: *Innovative activities of science and education in agricultural production*. - Kursk, 2019. - P. 3-9.
16. Dolgopolova N.V. Fertility factors in biological farming of the forest-steppe of the Central Black Earth Region // *Regional Bulletin*. - 2016. - No. 2 (3). - S.27-29.