

Научная статья

УДК 631.46

doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-29-36

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ
САМАРСКОГО АГРАРНОГО КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА****Наталья Михайловна Троц¹, Елена Хамидулловна Нечаева², Юлия Владимировна Степанова^{3✉},
Джамиля Рашидовна Ермолаева⁴**^{1, 2, 3, 4}Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия^{1, 4} Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева,¹troz_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>²EXNechaeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5818-8638>³Yul8075@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9791-4690>⁴ermolaeva.damilya@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7710-5560>

Резюме. Важное биологическое свойство почвы – ее регенеративная способность, являющаяся основой сельскохозяйственного воспроизводства плодородия почвы. Она зависит не только от отдельных химических или физических показателей, но и от функционирования почвенной биоты, цикличности процессов в системе «растение–почва». Смена растительного покрова приводит к изменению состава почвенной биоты, нарушению круговорота веществ и снижению биопродуктивности. Цель исследований – изучить биологическую активность микробного сообщества почв аграрного карбонового полигона, расположенных в центральной агроэкологической зоне Самарской области. Диагностику численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп проводили классическим методом посева на агаризованные электропитательные среды различного состава. Определяли численность организмов-аммонификаторов – деструкторов белка различной природы, амилотических микроорганизмов – иммобилизаторов легкодоступного углерода, ассимилирующих минеральные формы азота, учет количества микромикетов проводили на среде Чапека, актиномицетов – на крахмало-аммиачном агаре. Определен количественный состав почвенных микроорганизмов, населяющих наиболее характерные для региона черноземные почвы в естественных экосистемах, а также в градиенте их изменения от естественных к пахотным. Изучена биологическая активность почв, затронутых сельскохозяйственной деятельностью, и почв природной экосистемы. Установлено, что антропогенная нагрузка оказывает негативный эффект на численность микроорганизмов, населяющих почвы агроценозов. Коэффициент минерализации почвы под сельскохозяйственными культурами (яровая пшеница, озимая пшеница, горох, подсолнечник) варьировал в пределах от 1,2 до 1,9, что свидетельствует об усилении активности почвенной микрофлоры, направленной на минерализацию соединений азота в почве при антропогенной нагрузке.

Ключевые слова: микробное сообщество, почвенные микроорганизмы, агроценоз, антропогенная нагрузка, коэффициент минерализации, Среднее Поволжье.

Для цитирования: Троц Н. М., Нечаева Е. Х., Степанова Ю. В., Ермолаева Д. Р. Биологическая активность черноземных почв Самарского аграрного карбонового полигона // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. Т. 9, № 4. С. 29-36. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-29-36

Original article

BIOLOGICAL ACTIVITY OF CHERNOZEM SOILS OF THE SAMARA AGRARIAN CARBONIC POLYGON**Natalya M. Trots¹, Elena Kh. Nechaeva², Yulia V. Stepanova^{3✉}, Jamila R. Ermolaeva⁴**^{1, 2, 3, 4} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia^{1, 4} Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, Russia¹troz_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>²EXNechaeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5818-8638>³Yul8075@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9791-4690>⁴ermolaeva.damilya@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-7710-5560>

Abstracts. An important biological property of the soil is its regenerative ability, which is the basis for agricultural reproduction of soil fertility. It depends not only on individual chemical or physical parameters, but also on the functioning of the soil biota, the cycle of processes in the “plant–soil” system. The change of vegetation cover leads to a change in the composition of soil biota, disruption of the circulation of substances and a decrease in bioproductivity. The purpose of the research is to study the biological activity of the microbial community of soils of an agricultural carbon landfill located in the central agroecological zone of the Samara region. The diagnosis of the number of microorganisms of various ecological and trophic groups was carried out by the classical method of sowing on agarized elective nutrient media of various composition. The number of organisms-ammonifiers – protein destructors of various natures, amylolytic microorganisms – immobilizers of readily available carbon, assimilating mineral forms of nitrogen, accounting for

the number of micromycetes was carried out on Chapek medium, actinomycetes - on starch-ammonia agar. The quantitative composition of soil microorganisms inhabiting the chernozem soils most characteristic of the region in natural ecosystems, as well as in the gradient of their change from natural to natural, has been determined. The biological activity of soils affected by agricultural activity and soils of the natural ecosystem has been studied. It has been established that anthropogenic load has a negative effect on the number of microorganisms inhabiting the soils of agrocenoses. The coefficient of soil mineralization under agricultural crops (spring wheat, winter wheat, peas, sunflower) varied from 1.2 to 1.9, which indicates an increase in the activity of soil microflora aimed at mineralization of nitrogen compounds in the soil under anthropogenic load.

Key words: microbial community, soil microorganisms, agrocenosis, anthropogenic load, mineralization coefficient, Middle Volga region.

For citation: Trots, N. M., Nechaeva, E. Kh., Stepanova, Yu. V. & Ermolaeva, D. R. (2024). Biological activity of chernozem soils of the samara agrarian carbonic polygon. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 9, 4, 29-36. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-29-36 (in Russ).

Современное преобразование почвенного покрова чаще всего осуществляется под антропогенным воздействием, в результате чего формируются антропогенно преобразованные экосистемы. Антропогенная нагрузка оказывает весомое влияние на микробное сообщество почвы, нарушая важные экологические функции в биосфере, связанные с круговоротом элементов питания, регуляцией газового состава атмосферы и формированием почвенной структуры. Микробиологические показатели почвы той или иной территории, в том числе с разными экосистемами, характеризуются высокой пространственной вариабельностью, что затрудняет их использование для биологической оценки почв. Поэтому пространственное изменение микробиологических показателей почвы изучают часто вдоль трансекты (катены), обусловленной климатом, положением в ландшафте, землепользованием или сукцессией растительности, что и позволяет рассматривать их вариабельность под влиянием этих факторов. Почвенные микроорганизмы выполняют системообразующие функции в таких процессах, как почвообразование, разложение почвенного органического вещества, стимуляция роста и обеспечение защиты растений от патогенной микрофлоры. Почвенный микробиом (микробные сообщества) является непосредственным источником формирования микрофлоры, которая определяет питание растений, их устойчивость к патогенам и абиотическим стрессам.

Таким образом, исследования, направленные на изучение биологической активности почвы в рамках оценки влияния агротехнологий на депонирование углерода в агрофитоценозах в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья являются актуальными.

Цель исследований: изучить биологическую активность микробного сообщества почв в зависимости от типа экосистемы и степени антропогенной нагрузки.

Материал и методы исследований. Объектом исследований являются почвенные образцы аграрного карбонового полигона – территории опытных полей ФГБОУ ВО Самарский аграрный университет, расположенных в центральной агроэкологической зоне Самарской области.

Диагностику численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп проводили классическим методом посева на агаризованные элективные питательные среды различного состава.

Отбор образцов почвы проводили методом конверта на глубину пахотного слоя (0-30 см), все работы проводили с соблюдением максимальной стерильности в начале (май), середине (июль) и конце вегетации большинства сельскохозяйственных культур (сентябрь).

Определяли численность организмов-аммонификаторов – деструкторов белка различной природы (посев на мясо-пептонном агаре, МПА), амилолитических микроорганизмов – иммобилизаторов легкодоступного углерода, ассимилирующих минеральные формы азота (посев на крахмало-аммиачном агаре, КАА), учет количества микромицетов проводили на среде Чапека, актиномицетов – на крахмало-аммиачном агаре. После посева чашки инкубировались в термостате при температуре +27 °С. Разведение составляет: для бактерий – 1:10⁵, для актиномицетов – 1:10⁴, для микромицетов – 1:10³. Количественный учет численности бактерий проводится на 3-5 день после посева, актиномицетов – на 7-10 день, микромицетов – на 10-14 день.

По полученным данным рассчитывали коэффициент минерализации: $K_m = \text{КОЕ}_{\text{КАА}} / \text{КОЕ}_{\text{МПА}}$, где $\text{КОЕ}_{\text{КАА}}$ и $\text{КОЕ}_{\text{МПА}}$ – численность микроорганизмов на средах КАА и МПА соответственно.

Определение целлюлозоразлагающей активности почвы проводилось методом целлюлозных стандартов в пахотном слое почвы. Обшитые хлопчатобумажной тканью стеклянные пластины (10×30 см) закладывались сроком на один месяц в трехкратной повторности.

Результаты исследований. Численность микроорганизмов является показателем их активности в данный период времени в исследуемой почве и может быть критерием интенсивности процессов, которые эти микроорганизмы осуществляют. По всем вариантам опыта особенную активность проявили микроорганизмы углеродного цикла, преобразующие органические вещества: иммобилизаторы легкодоступного углерода (среда КАА),

а также гетеротрофные аммонификаторы, участвующие в разложении сложных белковых веществ вплоть до аммония (среда МПА) и актиномицеты, разлагающие сложные органические вещества почвы до простых соединений.

В среднем за вегетацию (табл. 1) по всем вариантам опыта количество аммонифицирующих бактерий изменялось не значительно и находилось на уровне 1203-3033 тыс. КОЕ/гр. почвы что соответствует бедной и средней обогащенности почвы данной микрофлорой по Д.Г. Звягинцеву.

Таблица 1

Среднее значение численности микроорганизмов и коэффициент минерализации
в слое почвы 0-30 см за вегетационный период, тыс. КОЕ/ 1 гр. абс. сух. почвы

Вариант	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ на 1 г почвы					K _{мин}
	бактерии, на МПА	микроорга- низмы на КАА	микро- мицеты	актино- мицеты	общая биогенность	
1	2	3	4	5	6	7
№ 1 Культура – пар (предшественник - подсолнечник). Тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой малогумусный среднесуглинистый	2258	3713	20	1219	5991	1,6
№ 2 Культура – пар (предшественник - подсолнечник). Тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой малогумусный среднесуглинистый	2950	3889	23	1151	6862	1,3
№ 3 Культура – яровая пшеница (предшественник – подсолнечник). Тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой карбонатный малогумусный среднесуглинистый	1789	3327	22	1849	5138	1,9
№ 4 Культура – яровая пшеница (предшественник – подсолнечник). Тип почвы – лугово-чернозёмная карбонатная малогумусная среднесуглинистая	2554	4405	25	2185	6984	1,7
№ 5 Культура – горох (предшественник-яровая пшеница). Тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой карбонатный малогумусный среднесуглинистый	3303	4820	27	1994	8151	1,5
№ 6 Луговая растительность Тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой карбонатный малогумусный среднесуглинистый	2618	5715	19	1173	8352	2,2
№ 7 Подсолнечник (предшественник - целина). Тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой карбонатный малогумусный среднесуглинистый	3104	4791	19	1289	7914	1,5
№ 8 Культура – горох (предшественник – целина). Тип почвы - комплекс: 1. Лугово-чернозёмная карбонатная солончаковая сильнозасолённая малогумусная среднесуглинистая 2. Солонец лугово-чернозёмный солончаковый очень сильнозасолённый многонариевый средний легкосуглинистый (10-25%)	2312	2108	25	1682	4445	0,9
№ 9 Солонец Тип почвы - комплекс: 1. Солончак луговой глубокопрофильный корковый легкосуглинистый 2. Луговая карбонатная солончаковая очень сильнозасолённая среднесолонцеватая среднесуглинистая (25-50%)	2390	1987	25	1199	4402	0,8
№ 10 Луговая растительность (сенокос) Тип почвы – луговая солончаковая слабозасолённая среднесуглинистая	1204	2230	16	913	3450	1,9
№ 11 Луговая растительность (сенокос) Тип почвы – луговая солончаковая слабозасолённая среднесуглинистая	2102	3648	9	985	5759	1,7

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
№ 13 Озимая пшеница. Тип почвы - чернозём обыкновенный малогумусный среднесуглинистый	3514	4465	15	1328	7994	1,3
№ 14 Лесная растительность Тип почвы - чернозём обыкновенный малогумусный среднесуглинистый	2236	5266	25	3135	7527	2,4
№ 15 Культура – яровая пшеница (после гороха.) Тип почвы – чернозём обыкновенный остаточнo-луговатый карбонатный малогумусный среднесуглинистый	2071	3352	21	1817	5444	1,6
№ 16 No-till	3057	3685	14	1435	6756	1,2

Численность амилोलитиков в вариантах с луговой растительностью №6 – 5266 тыс. КОЕ/гр. почвы, с лесной растительностью № 14 – 5715 тыс. КОЕ/гр. почвы по шкале оценки степени обогащенности почвы микроорганизмами по Д. Г. Звягинцеву относится к средней степени (5-10 млн ед./1 г абсолютно сухой почвы), по другим участкам степень обогащенности почвы микрофлорой бедная (3329-4981 тыс. КОЕ/гр. почвы), наименьшие значения 1987-2230 тыс. КОЕ/гр. почвы наблюдались по вариантам № 8 (культура – горох (предшественник – целина), тип почвы – комплекс: 1) лугово-чернозёмная карбонатная солончаковая сильнозасолённая малогумусная среднесуглинистая 2) солонец лугово-чернозёмный солончаковый очень сильнозасолённый многонариевый средний легко-глинистый (10-25%)), № 9 (солонец, тип почвы – комплекс: 1) солончак луговой глубокопрофильный корковый легкоглинистый 2) луговая карбонатная солончаковая очень сильно засолённая среднесолонцеватая среднегумусная маломощная легкоглинистая (25-50%), № 10 (луговая растительность (сенокос), тип почвы – луговая солончаковая слабозасолённая среднегумусная среднесуглинистая).

В среднем за вегетацию наибольшее количество актиномицетов отмечено в варианте № 14 – лесная растительность (5266 тыс. КОЕ/гр. почвы), по другим вариантам опыта данный показатель изменялся от 913 до 2185 тыс. КОЕ/гр. почвы. До 70-80% актиномицетов, обитающих в почве, имеют особенность продуцирования пигментов, из них около 50% видов способны выделять пигменты бурого и черно-бурого цвета меланоидного типа. Меланоиды актиномицетов представляют собой новообразованные гуминоподобные вещества, близкие к почвенным гуминовым и фульвокислотам.

Кроме того, аминокислотный состав этих веществ достаточно разнообразен (до 17 аминокислот) и схож с таковым гумуса почвы. За счет наличия у лучистых грибов широкого спектра ферментов они считаются полисапротрофными микроорганизмами. При этом всех ярче у актиномицетов выражена протеолитическая, амилолитическая и инвертазная активность. Поэтому изучение численности данной группы микроорганизмов в почве, подобно учету грибов, позволяет судить об общем состоянии агроэкосистемы в целом, а также о скорости процесса гумификации растительных остатков.

Численность микромицетов изменялась в пределах от 14 до 27 тыс. КОЕ/гр. почвы, наименьшее значение отмечено в варианте № 11 – луговая растительность (сенокос), тип почвы – луговая солончаковая слабозасолённая среднегумусная среднесуглинистая. В целом, грибы считаются жесткими всесторонними деструкторами вещества почвы, но, при этом, различным классам микроскопических грибов (микромицетов) присуща своя предрасположенность к химическому составу пищевого субстрата. Путем регуляции почвообразовательных процессов, состава органического вещества почвы, ее оструктуренности, кислотности и подвижности элементов питания в почвенном растворе, микромицеты осуществляют значимую работу в формировании плодородия целинных и окультуренных земель. В вопросе о роли микромицетов в синтезе гумусовых веществ особое внимание привлекают виды, способные продуцировать темноокрашенные пигменты типа меланинов – полимеров фенольной природы. Меланины являются сложными химическими образованиями, которые формируются в клетках многих микроорганизмов, но больше всего меланинов продуцируется гифами и репродуктивными органами (спорами) грибов. Меланины представляют собой высокополимерные соединения черного и коричневого цвета с молекулярной массой в несколько тысяч или десятков тысяч а.е.м., образующиеся при ферментативном окислении фенолов и индолов (пирокатехина, тирозина, диоксииндола и т.п.) с последующей полимеризацией продуктов окисления. Наибольшее количество меланинов и других видов пигментов образуют грибы р. *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cenococcum*, *Cladosporium*, *Dicoccium*, *Diplococcium*, *Fusarium*, *Helmintosporium*, *Mucor*, *Mycogone*, *Nadsoniella*, *Penicillium*, *Stahybotris*, *Stemphylium* и других родов. В наших исследованиях чаще всего встречались представители родов *Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*.

Анализ значимости почвенно-биологических процессов, проводили по суммарной численности различных групп микроорганизмов, культивируемых на селективных средах по всем вариантам опыта (рис. 1).

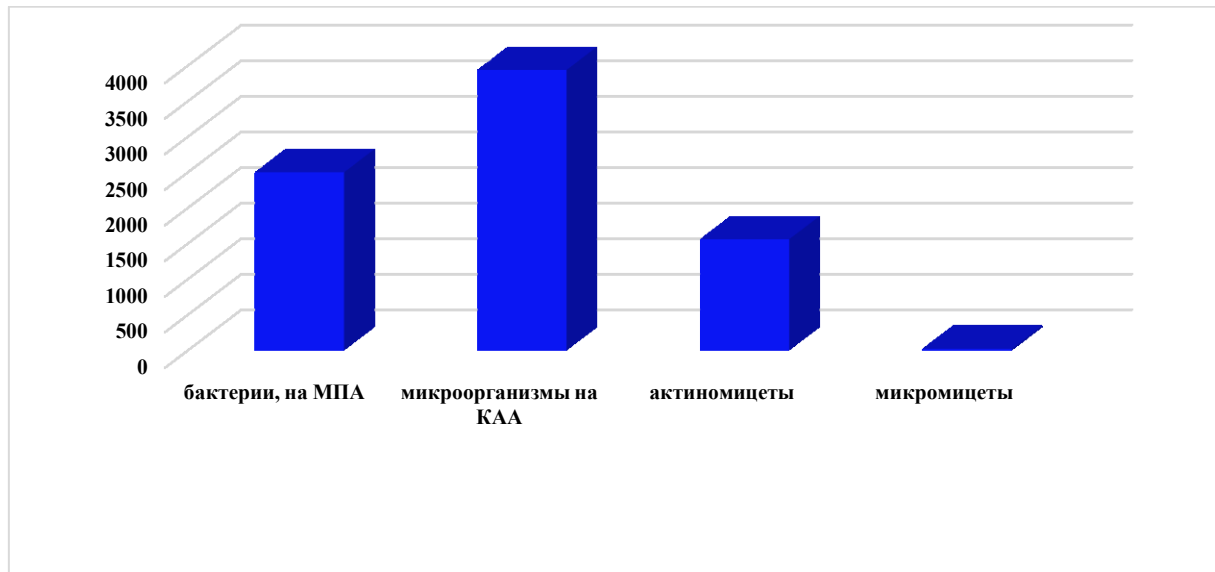


Рис. 1. Значимость суммарной численности микроорганизмов, культивируемых на различных эколого-трофических селективных средах

Численность микроорганизмов является показателем их активности в данный период времени в исследуемой почве и может быть критерием интенсивности процессов, которые эти микроорганизмы осуществляют. По всем вариантам опыта особую активность проявили микроорганизмы углеродного цикла, преобразующие органические вещества: иммобилизаторы легкодоступного углерода (среда КАА) а также гетеротрофные аммонификаторы, участвующие в разложении сложных белковых веществ вплоть до аммония (среда МПА) и актиномицеты, разлагающие сложные органические вещества почвы до простых соединений.

Коэффициент минерализации и иммобилизации Мишустина, определяемый отношением численности микроорганизмов, учтенных посевом на крахмало-аммиачном агаре (КАА) и характеризующий процесс преобразования аммиачного азота, к численности микробов, учтенных посевом на мясо-пептонном агаре (МПА), характеризующий превращение белковых веществ почвы в наших исследованиях варьировал на необрабатываемых участках, представленных лесной и луговой растительностью (варианты №6 и №14) находилась на уровне 2,2-2,4, наименьшие значения отмечены на солонцах (варианты № 8,9), $K_{мин}$ в среднем 0,8-0,9. Коэффициенты минерализации на землях сельскохозяйственного назначения (в посевах подсолнечника, яровой и озимой пшеницы, гороха) варьировали в пределах от 1,2 до 1,9, что соответствует средней интенсивности мобилизационных процессов. Это свидетельствует о тенденции усиления активности почвенной микрофлоры, направленной на минерализацию соединений азота в длительно и интенсивно используемой почве.

Была проанализирована зависимость численности микроорганизмов, различных функциональных групп в слое почвы 0-30 см с эмиссией углекислого газа $мг/(м^2 \cdot час)$ по некоторым вариантам опыта (табл. 2).

Таблица 2

Эмиссия CO_2 в течении вегетационного периода, $мг \cdot час$

Вариант	в начале вегетации	в середине вегетации	в конце вегетации
№1 Культура – пар (предшественник - подсолнечник). Тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой малогумусный сред-немощный легкосуглинистый	43,37	116,04	48,88
№2 Культура – пар (предшественник - подсолнечник). Тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой малогумусный сред-немощный среднесуглинистый	60,10	102,54	88,27
№15 Культура – яровая пшеница (после гороха.) Тип почвы – чернозём обыкновенный остаточно-луговой карбонатный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый.	52,21	217,25	66,91
№13 Озимая пшеница. Тип почвы - чернозём обыкновенный малогумусный среднемощный среднесуглинистый	44,31	51,87	42,74
№16 No-till	81,17	183,41	237,05

Наблюдается слабая отрицательная корреляция между численностью аммонификаторов, амилолитических микроорганизмов, микроскопических грибов, актиномицетов и эмиссией CO_2 , что свидетельствует о том, что в проанализированных вариантах сельскохозяйственного использования земель, увеличение численности изучаемых групп микроорганизмов приводит к некоторому снижению эмиссии углекислого газа. Это является косвенным показателем участия микроорганизмов в закреплении углерода в почве. Многие авторы отмечают, что в контексте глобального изменения климата большое внимание привлекает роль почвы как источника или, наоборот, поглотителя парниковых газов. Микроорганизмы способны как потреблять органическое вещество почвы с высвобождением значительных запасов углекислого газа, так и закреплять в почве углерод в виде трудно-разлагаемых веществ (секвестрация углерода).

Самым распространённым методом определения актуальной биологической активности почвы является определение целлюлозоразлагающей способности почвы.

Метод аппликаций свидетельствует об интенсивности разрушения клетчатки и об активности целлюлозных микроорганизмов, но, поскольку активность последних в значительной степени определяется присутствием в почве доступных питательных веществ, в первую очередь, азотных, то можно полагать, что происходит отображение напряженности хода микробиологических процессов вообще.

В наших исследованиях определение целлюлозоразлагающей активности почвы показало, что в целом данный показатель в начале вегетации в слое 0-30 см был на достаточно высоком уровне (рис. 2). По степени разложения целлюлозы все варианты можно разделить на группы.

В вариантах № 1 и 2 – пар (предшественник – подсолнечник, тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой малогумусный среднесуглинистый), № 3 и 4- яровая пшеница (предшественник – подсолнечник, тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой карбонатный малогумусный среднесуглинистый и тяжелосуглинистый) а так же в варианте № 7- подсолнечник (предшественник – целина, тип почвы - чернозём обыкновенный остаточно-луговой карбонатный малогумусный среднесуглинистый) степень разложения хлопчатобумажного полотна была наибольшей и составляла в среднем по слою 0-30 см 20,9 – 22,5%, причем отмечено достаточно равномерное разложение во всем пахотном слое, что объясняется достаточной влажностью почвы в начале вегетации и высокой степенью аэрации в нижних слоях почвы.

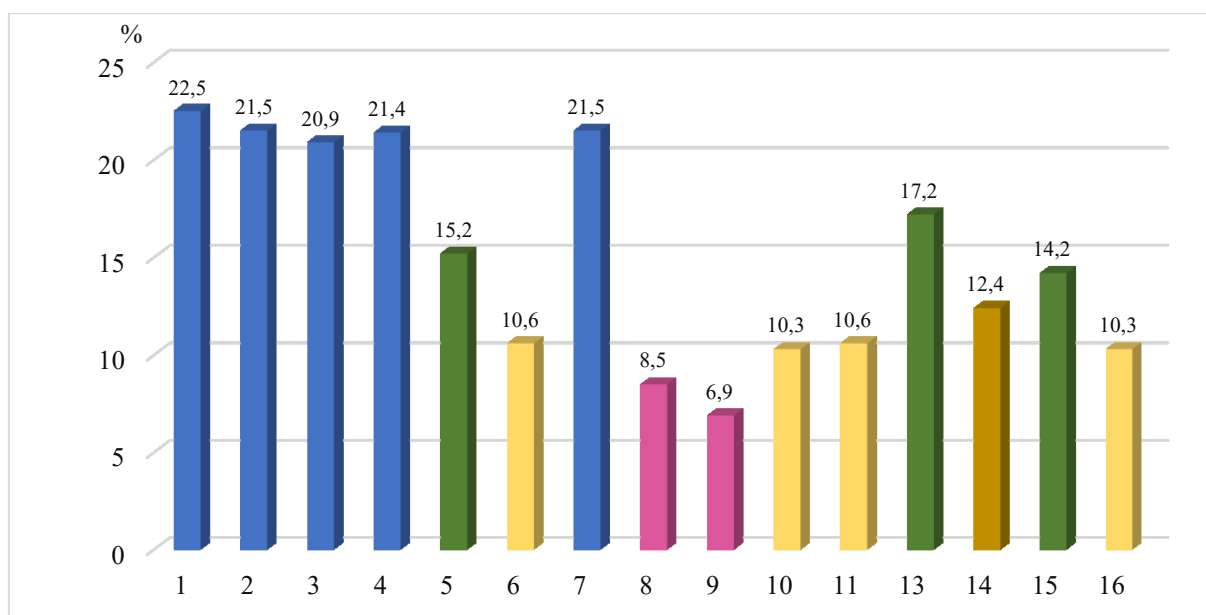


Рис. 2. Целлюлозоразлагающая активность в слое почвы 0-30 см, %

При возделывании гороха (№ 5), яровой пшеницы – вариант № 15, и озимой пшеницы (№ 13) целлюлозоразлагающая способность в слое 0-30 см находилась на уровне 14,2-17,2%, наблюдается равномерная степень разложения целлюлозы по слоям почвы.

Под лесной растительностью (варианты №14) степень разложения хлопчатобумажного полотна – 12,4%, причем в верхнем слое происходило более интенсивное разложение ткани – 20,2%, по сравнению с нижними слоями 10,8-6,1%.

В почве под луговой растительностью (варианты №6, 10 и №11) и в варианте с нулевой обработкой почвы(№16), целлюлозоразлагающая активность была на достаточно низком уровне и составляла 10,3-10,6%.

Самый низкий показатель целлюлозной активности наблюдался на солонцах (№ 8 и 9) – 8,5-6,9%, повышение концентрации солей подавляло активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

Заключение. Поскольку черноземы являются плодородными, устойчивыми к внешним воздействиям высоко буферными почвами за счет высокого содержания гумусовых веществ, благоприятной зернистой структуры, оптимальных физических и химических показателей, резко изменить или катастрофически сузить состав микробного сообщества за счет внешних воздействий практически невозможно. Однако задача сохранения и преумножения биоразнообразия является одной из приоритетных для сбережения и спасения естественного плодородия и почвенного биологического потенциала черноземных почв.

Проведенные исследования показали, в условиях вегетационного периода количество микроорганизмов углеродного цикла, особенно аммонификаторов, участвующих в трансформации свежих органических остатков и растительных экссудатов соответствует бедной и средней обогащенности почвы данной микрофлорой по Д.Г. Звягинцеву. Численность амилаolitikов в лесных почвах относится к средней степени, а в почвах сельскохозяйственного назначения – бедная. Почвы под лесной растительностью также характеризуются повышенным содержанием актиномицетов и микромицетов, по сравнению с почвами других экосистем.

Коэффициенты минерализации на землях сельскохозяйственного назначения (в посевах подсолнечника, яровой и озимой пшеницы, гороха) варьировали в пределах от 1,2 до 1,9, что соответствует средней интенсивности мобилизационных процессов. Это свидетельствует о тенденции усиления активности почвенной микрофлоры, направленной на минерализацию соединений азота в длительно и интенсивно используемой почве. На участках, представленных лесной и луговой растительностью $K_{мин}$ в среднем за вегетационный период находился на уровне 2,2-2,4, наименьшие значения отмечены на солонцах – 0,8-0,9.

В почве залежи (лес, луг) отмечено степени разложения льняного полотна в 1,8 раза, по сравнению с землями сельхоз назначения.

Увеличение степени засоления почв снижало показатели биологической активности почвы.

В условиях вегетационного периода выявлена слабая отрицательная корреляция численности микроорганизмов, изучаемых функциональных групп с эмиссией углекислого газа по вариантам сельскохозяйственного использования земель: в паровых полях, при выращивании озимой и яровой пшеницы, а также в варианте с применением технологии No-till.

Список источников

1. Орлова Л. В., Фомин А. А., Тойгильдин А. Л. и др. Новая парадигма развития сельского хозяйства // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 3(399). С. 357-360. DOI 10.55186/25876740_2024_67_3_357.
2. Троц Н. М., Бокова А. А. Корреляционный анализ урожайности и количества пожнивных и корневых остатков в севооборотах // Инновационные достижения науки и техники АПК : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Кинель : Самарский государственный аграрный университет, 2023. С. 14-19.
3. Орлова Л. В., Захарова Е. А., Троц Н. М. и др. Оценка состояния агрохимического состояния почвы с помощью вегетационного индекса // Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы II Международной научно-практической конференции. Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2023. С. 281-286.
4. Редин Д. В., Ермакова Н. А., Степанова Ю. В. Защита хвойных растений от солнечных ожогов в условиях Среднего Поволжья // Самара Агроветер. 2023. Т. 3. № 3. С. 38-43. doi: 10.55170/29493536_2023_3_3_38.
5. Иващенко К. В., Сушко С. В., Дворников Ю. А. и др. Запасы почвенного органического углерода при нулевой обработке почвы в условиях среднего Поволжья // Агрохимия. 2023. № 12. С. 47-56. DOI 10.31857/S0002188123110066.
6. Минин А.Н., Нечаева Е.Х., Степанова Ю.В. Селекция и сортоизучение черешни в условиях лесостепной зоны Самарской области // Вестник Ульяновской ГСХА. 2021. № 3. С. 112-118. DOI 10.18286/1816-4501-2021-3-112-118.
7. Кошеляев В.В., Кухарев О.Н., Кошеляева И.П., Ильина Г.В. Выживаемость растений озимой пшеницы при различных уровнях минерального питания // Нива Поволжья. 2023, 4 (68), с. 1003. DOI 10.36461/NP.2023.68.4.004
8. Орлова Л. В., Троц Н. М., Платонов В. И. и др. Оценка эмиссии парниковых газов и запасов углерода при нулевой обработке чернозема в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Агрохимия. 2023. № 7. С. 44-54. DOI 10.31857/S0002188123070086.
9. Троц Н. М., Орлов С. В., Герасимов Е. С., Бокова А. А. Накопление пожнивных и корневых остатков в севооборотах при применении технологии No-till в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 25-31. DOI 10.55170/19973225_2023_8_1_25.
10. Сушко С. В., Балашов Е. В., Бучкина Н. П. и др. Оценка эффективности ресурсосберегающих технологий в повышении секвестрации органического углерода сельскохозяйственными почвами в условиях Среднего Поволжья (на примере нулевой обработки почвы) // Современные проблемы почвозащитного земледелия : Сборник докладов VI Международной научно-практической конференции. Курск : Курский федеральный аграрный научный центр, 2022. С. 130-134.
11. Беляев В. И., Варлагин А. В., Дригидер В. К. и др. Мировая климатическая повестка. Почвозащитное ресурсосберегающее (углеродное) земледелие как стандарт межнациональных и национальных стратегий по сохранению почв и аграрных карбоновых рынков // International Agricultural Journal. 2022. Т. 65, № 1. DOI 10.55186/25876740-2022-6-1-26.

References

1. Orlova, L. V., Fomin, A. A. & Toigildin, A. L. et al. (2024). A new paradigm for the development of agriculture. *International Agricultural Journal*. (3(399)). 357-360. DOI 10.55186/25876740_2024_67_3_357 (in Russ).
2. Trots, N. M. & Bokova, A. A. (2023). Correlation analysis of yield and quantity of crop and root residues in crop rotations . Innovative achievements of science and technology of agroindustrial complex 23' : *collection of scientific papers of the International scientific and practical conference*. (pp. 14-19). Kinel : Samara State Agrarian University (in Russ).
3. Orlova, L. V., Zakharova, E. A. & Trots, N. M. et al. (2023). Assessment of the state of the agrochemical state of the soil using the vegetation index. Innovations in agriculture and ecology 23': *collection of scientific papers*. (pp. 281-286). Ryazan : Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (in Russ).
4. Redin, D. V., Ermakova, N. A. & Stepanova, Yu. V. (2023). Protection of coniferous plants from sunburn in the conditions of the Middle Volga region. *Samara AgroVektor (Samara AgroVector)*, 3, 3, 38-4. doi: 10.55170/29493536_2023_3_3_38 (in Russ).
5. Ivashchenko, K. V., Sushko, S. V. & Dvornikov, Yu. A. et al. (2023). Reserves of soil organic carbon at zero tillage in the conditions of the Middle Volga region. *Agrochemistry*. (12). 47-56. DOI 10.31857/S0002188123110066 (in Russ).
6. Minin A.N., Nechaeva E. Kh., Stepanova Yu. V. (2021). Breeding and variety research of sweet cherry in the conditions of the forest-steppe zone of Samara region (Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural academy), 3, 112-118. DOI 10.18286/1816-4501-2021-3-112-118 (in Russ).
7. Koshelev, V. V., Kukharev, O. N., Kosheleva, I. P. & Ilyina, G. V. (2023). The survival rate of winter wheat plants at different levels of mineral nutrition (Field of the Volga region), 4 (68), 1003. DOI 10.36461/NP.2023.68.4.004 (in Russ).
8. Orlova, L. V., Trots, N. M. & Platonov, V. I. et al. (2023). Assessment of greenhouse gas emissions and carbon reserves with zero processing of chernozem in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Agrochemistry*. (7). 44-54. DOI 10.31857/S0002188123070086 (in Russ).
9. Trots, N. M., Orlov, S. V., Gerasimov, E. S. & Bokova, A. A. (2023). Accumulation of crop and root residues in crop rotations using No-till technology in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. (1). 25-31. DOI 10.55170/19973225_2023_8_1_25 (in Russ).
10. Sushko, S. V., Balashov, E. V. & Buchkina, N. P. et al. (2022). Assessment of the effectiveness of resource-saving technologies in increasing the sequestration of organic carbon by agricultural soils in the conditions of the Middle Volga region (on the example of zero tillage). Modern problems of soil protection agriculture 22': *Collection of reports of the VI International Scientific and Practical Conference*. (pp. 130-134). Kursk : Kursk Federal Agrarian Scientific Center (in Russ).
11. Belyaev, V. I., Varlagin, A.V. & Dridiger, V. K. et al. (2022). The global climate agenda. Soil protection resource-saving (carbon) agriculture as a standard of international and national strategies for soil conservation and agricultural carbon markets. *International Agricultural Journal*. (65(1)). DOI 10.55186/25876740-2022-6-1-26 (in Russ).

Информация об авторах:

Н. М. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Е. Х. Нечаева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Ю. В. Степанова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
Д. Р. Ермолаева – кандидат технических наук.

Information about the authors:

N. M. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
E. Kh. Nechaeva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
Yu. V. Stepanova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
D. R. Ermolaeva – Candidate of Technical Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.09.2024; одобрена после рецензирования 23.09.2024; принята к публикации 16.10.2024.
The article was submitted 10.09.2024; approved after reviewing 23.09.2024; accepted for publication 16.10.2024.