

© Т. В. МОРОЗОВА, Б. П. ТОМЮК

*Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича
temoroz@rambler.ru*

УДК 631:46

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
АЗОТНОГО ЦИКЛА ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЧВОЗАЩИТНОЙ
СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**MICROBIOLOGICAL PROCESSES OF THE NITROGEN-CYCLE
IN BLACK PODZOLIC SOIL IN VARIOUS
AGRICULTURAL SYSTEMS**

Представлены результаты изучения общего количества микроорганизмов, микробиологических процессов цикла азота и содержания его доступных форм в черноземе оподзоленном эродированном Прут-Днестровского междуречья при почвозащитной и традиционной системах земледелия. Изучено влияние противоэрозионных валов-террас на общую биологическую активность, микробиологические процессы цикла азота и содержание доступных форм азота в черноземе оподзоленном разной степени смывости в условиях Припрутского террасного района, Прут-Днестровской лесостепной возвышенной равнинной области.

The paper presents the results of the study of the total number of microorganisms and of the microbiological processes of the nitrogen-cycle. The paper also deals with the content of its possible forms in the eroded black podzolic soils of the Prut and Dniester interstream area in both soil-protected and traditional agricultural systems. The authors revealed the effects of anti-roll-terraces on the general biological activity and the microbiological processes of the nitrogen cycle as well as on the content of available forms of nitrogen in the black podzolic soils of varying degrees of erosion in the Prut terraced area and in the high plain forest-steppe Prut-Dniester area.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Микробиологические процессы, цикл азота, чернозем оподзоленный.

KEY WORDS. Microbiological processes, the nitrogen-cycle, black podzolic soil.

Повышение экономической эффективности использования земельных угодий в условиях Прут-Днестровского междуречья взаимосвязано с внедрением комплекса противоэрозионных мероприятий, поскольку значительная часть почв сформирована в условиях эрозионно-опасного холмисто-грядового рельефа. Потери гумуса в почве в результате протекания эрозионных процессов

приводят к уменьшению численности микроорганизмов, мезофауны, снижению ферментативной активности, воспроизводящей напряженности, изменениям направленности процессов синтеза органического вещества, биогеохимических циклов углерода, азота, фосфора и других биофильных элементов [1; 9]. Известно, что вследствие эрозии уменьшается мощность гумусового горизонта из-за частичной либо полной его утери, происходит уплотнение почвы, ухудшается ее структура, химические и биологические свойства [4], потеря азота, фосфора, калия и других питательных веществ [2; 5], кроме того отмечается уменьшение урожая на 30-80% по сравнению с несмытыми аналогами [3].

Предотвратить эрозию почв с помощью отдельных мероприятий невозможно. Решение этой сложной и актуальной проблемы требует введения научно обоснованной системы «склонного земледелия», состоящей из организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий [10].

Разрезы закладывались на склоне, расположенном на территории Заставновского района Черновицкой области. Разрез 1 — на участке с почвозащитной системой земледелия (22 м ниже водозадерживающего вала), разрез 2 — на среднесмытой почве (211 м вниз по склону от разреза 1) и разрез на сильносмытой почве — через 61 м от разреза 2 вниз по склону. На участках, где водоудерживающий вал отсутствует, и на аналогичных по степени эродированности почвах заложены разрезы 4, 5 и 6. Усредненные образцы отбирали из генетических горизонтов почв разной степени эродированности в двукратной повторности в течение вегетационного периода. В свежееотобранных образцах определяли: общую биологическую активность методом льняной ткани; общее количество микромицетов, актиномицетов, бактерий; содержание NO_3^- и NH_4^+ — ионоселективным методом, содержание гумуса и рН по общепринятым методикам. Общебиологическую активность определяли аппликационным методом.

На слабосмытой почве отмечены наиболее высокие значения этого показателя, где степень разложения льняной ткани составляла 40-43%. Ослабление общебиологической активности чернозема оподзоленного происходит пропорционально увеличению степени эродированности почвы (35,1-39,1% в среднесмытой и 29,4-31,2% — в сильносмытой). Применение почвозащитной системы земледелия существенно не изменило данных показателей микробиологического режима почвы. Наивысшая биогенность присуща пахотному слою исследуемой почвы, что обусловлено высоким содержанием гумуса, комковато-зернистой структурой, благоприятными значениями температуры и влажности почвы в течение вегетационного периода. Вглубь почвы содержание гумуса снижается, ухудшаются аэрация и показатели температурного режима, т. е. условия жизнедеятельности микроорганизмов приобретают пессимальные значения и становятся менее благоприятными и, как следствие, количество микроорганизмов уменьшается в 2,5 раза (табл. 1).

Аналогичные закономерности установлены на типичном черноземе средне- и малогумусном, где количество микроорганизмов в подпахотном горизонте в 4 раза меньше, чем в пахотном [8]. Это свидетельствует о том, что между содержанием гумуса и количеством микроорганизмов существует тесная корреляционная зависимость.

Таблица 1

**Численность микроорганизмов в эродированном черноземе оподзоленном,
млн/г почвы**

Горизонт	Глубина, см	Почвозащитная система			Традиционная система		
		бактерии	актиномицеты	грибы	бактерии	актиномицеты	грибы
Слабосмытая почва							
A ₁	0-10	5,23	1,98	0,225	4,86	2,05	0,205
	10-20	4,33	1,57	0,165	3,67	1,67	0,165
B ₁	30-45	2,81	1,31	0,155	2,65	1,35	0,150
B ₂	45-70	2,03	1,22	0,142	2,10	1,29	0,135
Среднесмытая почва							
A ₁	0-10	4,05	2,11	0,213	3,52	1,93	0,205
AB	10-20	4,00	2,03	0,155	2,90	1,63	0,163
AB	25-40	2,75	1,95	0,152	2,05	1,35	0,145
B	40-60	2,09	1,67	0,145	1,27	1,07	0,134
Сильносмытая почва							
AB	0-10	3,57	2,05	0,180	2,81	1,71	0,190
	10-20	3,15	1,87	0,165	2,55	1,53	0,192
B	30-50	2,55	1,43	0,150	1,57	1,15	0,179
BC	50-70	1,50	1,37	0,139	1,45	0,93	0,138

Независимо от генетического горизонта и степени эродированности почв среди микроорганизмов преобладают бактерии. Четко это проявляется в среднесмытой почве, где их численность составляет 2,1-4,1 млн/г почвы, а при традиционной — 1,3-3,5 млн/г почвы. Практически такое же соотношение численности микроорганизмов при этих системах земледелия установлено и для слабо- и сильносмытой почвы. Отличие в количестве актиномицет, в различных системах земледелия незначительно, особенно на среднесмытой почве. Грибов в черноземе оподзоленном содержится меньше, чем других микроорганизмов (не более 225 тыс./г почвы). Различия между слабо- и среднесмытой почвой практически не наблюдается, а в сильносмытой почве их содержание несколько ниже.

Итак, из вышеизложенного следует, что почвозащитная система земледелия способствует повышению биогенности чернозема оподзоленного различной степени эродированности (особенно среднесмытых почв).

Корреляционный анализ между содержанием гумуса, реакцией среды и общей численностью бактерий в черноземе оподзоленном эродированных почв показал, что между этими показателями существует тесная корреляционная зависимость, не взирая на степень эродированности почвы (табл. 2).

Статистически значимые коэффициенты корреляции составляют соответственно 0,961, 0,994 и 0,999 для слабо-, средне- и сильносмытой почвы. Анализ частных коэффициентов корреляции показал тесную зависимость между содержанием бактерий и величиной рН, причем наблюдается ее усиление с увеличением степени эродированности почвы, тогда как влияние гумуса при этом ослабевает. Численность почвенных микроорганизмов больше зависит от содержания питательных веществ, реакции среды, температуры и влажности почвы. Последние два фактора наиболее динамичны в течение вегетационного

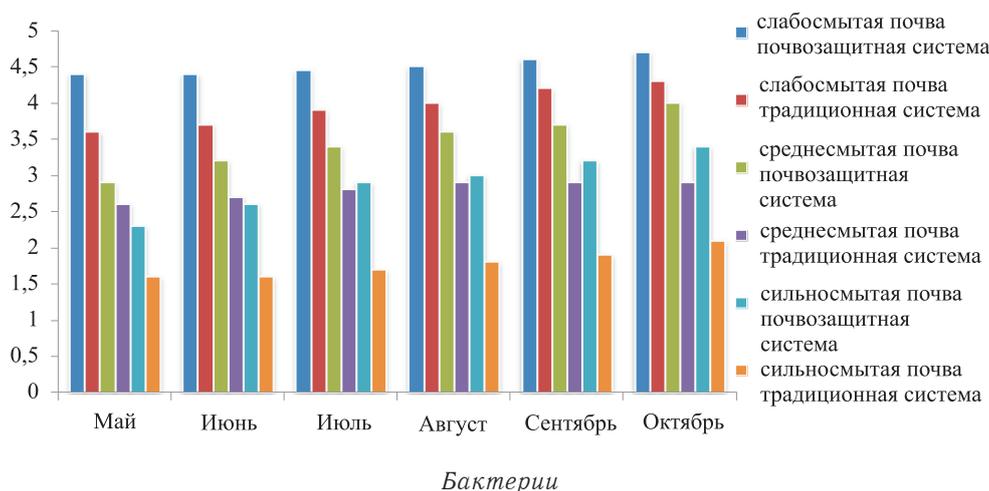
периода. Именно этим обусловлена установленная сезонная динамика численности микроорганизмов в пахотном слое чернозема оподзоленного (см. рис.). Отмечено возрастание их содержания до конца вегетационного периода как при использовании почвозащитной, так и традиционной систем земледелия. Эта закономерность прослеживается независимо от степени эродированности почвы. В период исследований содержание бактерий и актиномицетов всегда было выше при почвозащитной системе земледелия, что касается грибов, то такой закономерности не обнаружено.

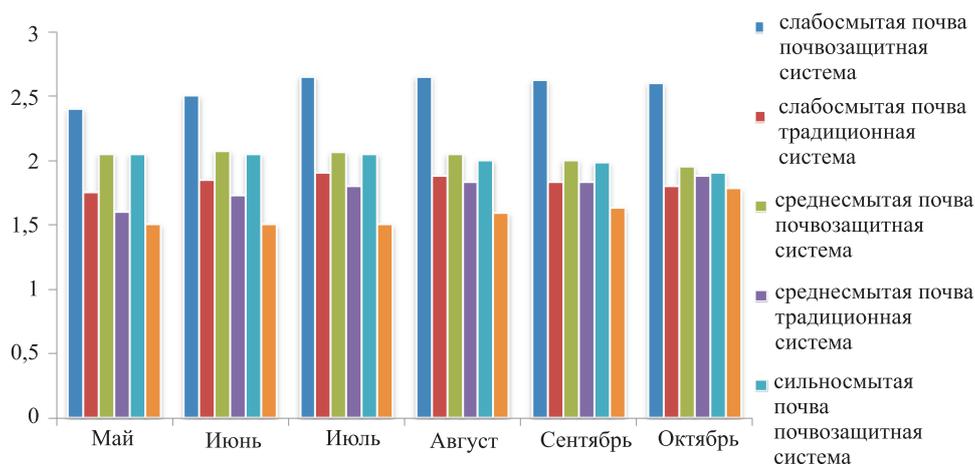
Таблица 2

Корреляционная матрица между содержанием гумуса (x), реакцией среды (z) и количеством бактерий (v) в эродированном черноземе оподзоленном

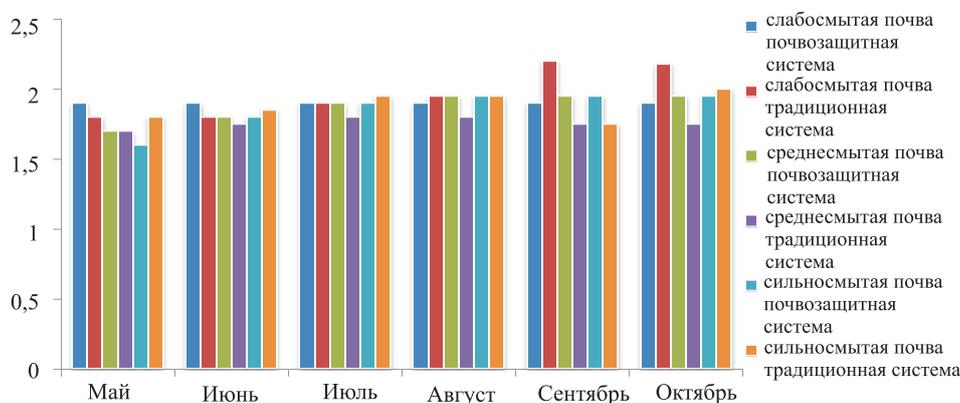
Кoeffициенты корреляции								
парные			частичные			множественные		
R_{xv}	R_{xz}	R_{yz}	R_{xvz}	R_{xzv}	R_{yvx}	R_{xvz}	R_{yvx}	R_{zxy}
Слабосмытая почва								
уравнение регрессии: $y = 24,3 - 0,18x - 2,9z$								
0,861	-0,961*	-0,904	-0,471	-0,838	-0,546	0,961*	0,905	0,972*
Среднесмытая почва								
уравнение регрессии: $y = 18,0 + 0,3x - 2,2z$								
0,958*	-0,934	-0,990	0,671	0,372	-0,931	0,964*	0,994*	0,991*
Сильносмытая почва								
уравнение регрессии: $y = 12,7 + 1,17x - 1,66z$								
0,995*	-0,897	-0,934	0,995	0,890	-0,929	0,999*	0,999*	0,987*

* — Коэффициенты корреляции статистически значимы на 5%-м уровне





Актиномицеты



Грибы

Рис. Количество микроорганизмов в черноземе оподзоленном, млн/г почвы

Почва является средой, в которой проходит полный цикл превращения азота: азотфиксация, минерализация (аммонификация, нитрификация) и денитрификация. Известно, что от интенсивности отдельного звена круговорота азота зависит его содержание в почве [4]. О неодинаковой активности микроорганизмов азотного цикла в исследуемой почве свидетельствуют различия в содержании доступных форм азота. Независимо от степени смытости максимум нитратов отмечен в первой декаде июня, т. е. это наиболее благоприятное время для процессов нитрификации. Так, на участке, где применяется почвозащитная система земледелия, содержание нитрат-иона составляло: в слабосмытой почве 1,25-1,56 мг/100 г почвы, среднесмытой — 3,23-4,33 мг/100 г почвы и в сильносмытой — 0,97-1,22 мг/100 г почвы. Таким образом, в этот период не наблюдалось снижение содержания нитратного азота с увеличением степени эродированности почвы (табл. 3). Отмечено достаточно близкое к вышеописан-

ному профильное распределение нитратного азота и в середине июля. Однако его содержание снизилось по сравнению с первой декадой июня: в слабосмытой почве — не более 1,55 мг/100 г почвы, среднесмытой — 2,64 мг/100 г почвы и сильносмытой — 1,22 мг/100 г почвы. Это может обуславливаться с активным усвоением азота растениями в период максимального прироста вегетативной массы. В конце второй декады августа наблюдалось минимальное содержание нитратного азота и, соответственно, значительно меньшим стало отличие между почвами разной степени эродированности, а именно: в слабосмытой почве — 0,31-0,64 мг/100 г, в среднесмытой — 0,39-1,08 мг/100 г и в сильносмытой — 0,54-0,87 мг/100 г почвы. Между верхними и нижними горизонтами различие незначительно, возможно, из-за большого количества осадков. Как следствие, высока влажность почвы в этот период.

Таблица 3

Динамика водорастворимого азота чернозема оподзоленного различной степени смытости, мг/100 г почвы

Мониторинговая точка	Генетический горизонт	NO_3^-			NH_4^+		
		июнь	июль	август	июнь	июль	август
Почвозащитная система земледелия							
Слабосмытая почва	A ₁	1,46	1,55	0,34	0,35	1,12	1,80
	A ₂	1,25	0,87	0,64	0,22	2,84	1,44
	B ₁	1,37	1,22	0,34	0,22	1,80	1,80
	B ₂	1,55	0,87	0,31	0,35	0,22	1,12
Среднесмытая почва	A ₁	3,48	1,86	0,39	0,54	1,80	1,80
	A ₂	4,33	0,87	0,77	0,18	0,90	1,25
	B ₁	3,87	2,64	1,08	0,18	0,22	1,44
	B ₂	3,23	2,64	0,31	0,18	0,54	0,80
Сильносмытая почва	AB	1,22	1,22	0,54	1,39	0,54	0,90
	B	0,97	0,87	0,68	0,18	0,18	0,54
	BC	1,22	1,22	0,87	0,18	0,45	0,72
Традиционная система земледелия							
Слабосмытая почва	A ₁	1,38	1,38	0,87	0,90	2,25	0,28
	A ₂	1,12	1,55	0,54	0,22	2,25	1,12
	B ₁	1,18	1,01	0,87	0,17	0,35	1,12
	B ₂	1,19	1,01	1,32	0,22	0,45	0,72
Среднесмытая почва	A ₂	1,22	0,97	1,08	0,45	2,55	0,54
	B ₁	1,13	0,77	1,55	0,08	0,11	0,45
	B ₂	1,38	0,64	1,22	0,54	1,12	0,35
	BC	1,38	0,97	0,87	0,17	0,12	0,36

На участке, где применяется традиционная система земледелия, в начале периода наблюдений отмечено более высокое содержание нитратного азота в средней и нижней частях профиля среднесмытых почв. В середине июля содержание нитратов в слабосмытой почве осталось практически без изменений, а в среднесмытых — уменьшалось в 1,3-1,4 раза. До конца августа в среднесмытой почве отмечено увеличение нитратной формы азота по сравнению со слабосмытой.

Итак, проведенные нами исследования показали, что динамика нитрат-иона имеет сходный характер как при традиционной, так и при почвозащитных системах земледелия. Однако отмечается преимущество последней по содержанию нитратов в почве, особенно это отмечено для среднесмытых почв — трехкратное превышение по сравнению с традиционной системой земледелия.

В то же время отмечают полную противоположность в динамике аммиачного азота по сравнению с динамикой нитратов. Минимальное его содержание обнаружено в первой декаде июня во всех почвенных профилях при обеих системах земледелия. К концу периода наблюдения происходило постепенное повышение его содержания. Кроме того, более четко прослеживалось различие между почвами разной степени эродированности, т. е. меньше аммиачного азота содержалось в средне- и сильносмытой почве при почвозащитной системе и в среднесмытой по сравнению со слабосмытой при традиционной системе земледелия. Другой характерной чертой является то, что аммиачный азот накапливается преимущественно в верхней части профиля. К концу августа большее количество аммиачного азота отмечено в почве, где применяется почвозащитная система земледелия: 0,90-1,80 — в слабосмытой и 0,80-1,80 мг/100 г почвы в среднесмытых, что на 0,52-0,68 и 0,45-1,25 мг/100 г почвы больше, чем в аналогичной по степени эродированности почве при традиционной системе земледелия.

Необходимо отметить, что в первой декаде июня в почве, с использованием почвозащитной системы земледелия преобладала нитратная форма над аммиачной, в середине июля их содержание практически выравнивалось, а к концу второй декады августа аммиачная форма азота преобладала над нитратной.

Таким образом, использование почвозащитной системы земледелия на эродированном черноземе оподзоленном в условиях Карпатско-Приднестровского региона способствует повышению биогенности почвы и улучшению обеспеченности его доступными формами азота, в результате создания благоприятных условий для жизнедеятельности микроорганизмов цикла азота и уменьшения непроизводительных потерь этого элемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреюк Е. Н., Шутинская Г. А. Почвенные микроорганизмы и интенсивное земледелие. Киев: Наукова думка, 1988. 210 с.
2. Голубятников Л. Л., Мохов И. И., Елисеев А. В. Цикл азота в земной климатической системе и его моделирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ifaran.ru/person/eliseev/pdfs/GolubyatnikovEtAl_FAO_N2_ms.pdf
3. Кауричев И. С. Почвоведение / И. С. Кауричев, Н. П. Панов, Н. Н. Розов и др.; под ред. И. С. Кауричева. М.: Агропромиздат, 1989. 719 с.
4. Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука, 1981. 176 с.

5. Кудеяров В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука, 1989. 216 с.
6. Кудеяров В. Н. Азотный цикл и продуцирование закиси азота // Почвоведение. 1999. № 8. С. 988-998.
7. Минеев В. Г. Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 1988. 283 с.
8. Платонова Т. Ю. Современные почвенные процессы в черноземах обыкновенных мицелярно-карбонатных Заднепровья Украины: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Одесса, 1974. 38 с.
9. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 95 с.
10. Шикюла М. К., Тараріко О. Г. Ерозія і захист землеробства. Киев: Урожай, 1976. 82 с.

REFERENCES

1. Andreyuk, K. I., Iutinskaya, G. A., Dulgerov A. N., 1988. Soil Microorganisms and Intensive Land Use. Naukova dumka, Kiev. [Rus].
2. Golubyatnikov, L. L., Mokhov, I. I., Eliseev A. V. (2013) Nitrogen Cycle in the Earth's Climatic System and Its Modeling. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics of Atmosphere and Ocean. Vol. 49: pp. 229-243. http://ifaran.ru/person/eliseev/pdfs/GolubyatnikovEtAl_FAO_N2_ms.pdf
3. Kaurichev, I. S., Panov, N. P., Rozov, N. N., Stratonovich, M. V. and Fokin, A. D. 1989. Study of Soils: A handbook for students, ed. I. S. Kaurichev, 719 p. (in Russian).
4. Kovda, V. A. The Soil Cover, Its Improvement, Use and Protection. Moscow: Nauka, 1981. 179 p. [Rus].
5. Kudeyarov, V. N. Nitrogen Cycle in Soil and Fertilizer Efficiency (Nauka, Moscow, 1989), 216 p. (in Russian).
6. Kudeyarov, V. N. "Nitrogen Cycle and Nitrous Oxide Production", Pochvovedenie [Study of Soil], No. 8, 988-998 (1999) [European Journal of Soil Science 32 (8), 892-901 (1999)].
7. Mineev, V. G. (1988). Ecological Problems of Agricultural Chemistry. Moscow: Moscow State University Publ. (in Russian)
8. Platonova, T. Y. Modern Soil Processes in Ordinary Micellar-Carbonate Chernozems of Transnistria, Ukraine. Odessa, 1974. 38 p.
9. Khaziev, F. H. Enzyme Activity of Soils. Moscow: Nauka, 1976. 180 p.
10. Shikula, N. K., Tarariko, A. G. 1976. Soil Erosion and Protection of Agriculture. Kiev: Urozhai, 86 p. [Rus]

Авторы публикации

Татьяна Васильевна Морозова — доцент кафедры экологии и биомониторинга Института биологии, химии и биоресурсов Черновицкого национального университета им. Юрия Федьковича, г. Черновцы (Украина), кандидат биологических наук

Богдан Павлович Томюк — доцент кафедры экологии и биомониторинга Института биологии, химии и биоресурсов Черновицкого национального университета им. Юрия Федьковича, г. Черновцы (Украина), кандидат биологических наук

Authors of the publication

Tatiana V. Morozova — cand. Biol. Sci., Associate Professor, Department of Ecology and Biomonitoring, Institute of Biology, Chemistry and Biological Resources, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

Bogdan P. Tomyuk — cand. Biol. Sci., Associate Professor, Department of Ecology and Biomonitoring, Institute of Biology, Chemistry and Biological Resources, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University