

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.136.59>

СВОБОДНОЖИВУЩИЕ АЗОТФИКСИРУЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Научная статья

Гармашов В.М.¹, Гармашова Л.В.^{2,*}

²ORCID : 0000-0001-8628-9615;

^{1,2} Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (lgarmashova[at]internet.ru)

Аннотация

Рассмотрена динамика изменения численности одной из чувствительных в экологическом и важных в агрономическом отношении группы микроорганизмов – азотобактера в агрочерноземах юго-востока ЦЧР, в условиях меняющегося климата и роста антропогенных нагрузок. В результате мониторинговых наблюдений за свободноживущими азотфиксирующими микроорганизмами установлено, что в научно обоснованных системах земледелия и агротехнологиях выращивания сельскохозяйственных культур в динамических условиях изменения окружающей среды депрессии популяции группы свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов не происходит. Прослеживается даже незначительный рост численности азотобактера в агрочерноземах, обусловленный повышением культуры земледелия и нарастающей адаптационной способностью в последующих поколениях к условиям изменяющегося климата и интенсификации земледелия.

Ключевые слова: агрочерноземы, динамические условия окружающей среды, свободно живущие азотфиксирующие микроорганизмы, азотобактер.

FREE-LIVING NITROGEN-FIXING MICROORGANISMS UNDER DYNAMIC ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Research article

Garmashov V.M.¹, Garmashova L.V.^{2,*}

²ORCID : 0000-0001-8628-9615;

^{1,2} Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V.V. Dokuchaev, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (lgarmashova[at]internet.ru)

Abstract

The dynamics of changes in the number of one of the sensitive in ecological and important in agronomic terms group of microorganisms – azotobacter in agro black soils of the south-eastern part of the CCD in the conditions of changing climate and growth of anthropogenic loads is examined. As a result of monitoring observations of free-living nitrogen-fixing microorganisms, it was established that in scientifically based farming systems and agro-technologies of crop cultivation under dynamic conditions of environmental change the population depression of the group of free-living nitrogen-fixing microorganisms does not occur. There is even a slight increase in the number of azotobacter in the agricultural black soils due to the increase of farming culture and growing adaptive capacity in subsequent generations to the conditions of changing climate and intensification of farming.

Keywords: agro black soils, dynamic environmental conditions, free-living nitrogen-fixing microorganisms, azotobacter.

Введение

В последние годы в условиях меняющегося климата и роста антропогенной нагрузки на агрогенные почвы: значительное увеличение применения химических препаратов в агроценозах; упрощение севооборотов; масштабное освоение новых систем почвообработки и др., возрастают угрозы негативного развития процессов в агроэкосистемах и, почвенной среде в особенности [1], [2], [4], [5]. В последние годы в регионах Европейской части России отмечаются изменения в климатических и погодных условиях, что оказывает влияние на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур. На территории ЦЧЗ прослеживается усиление континентальности и потепление климата. Как показывает анализ данных метеонаблюдений, если за период 1950-2005 годы в ЦЧР интенсивность нарастания среднегодовой температуры составляла 0,11 °C/10 лет, то за 1975-2005 гг. нарастание температуры шло в два раза интенсивней – 0,24 °C/10 лет [6].

Если за период с 1950 года по 2000 год среднегодовое количество осадков составляло 488,5 мм, то за период с 2000 по 2022 годы среднегодовая сумма осадков составляет 530 мм. Также существенно увеличилась химико-техногенная нагрузка в агроценозах. Применение только одних пестицидов в ЦФО возросло с 0,768 кг/га пашни в 2017 году до 0,865 кг/га в 2020 году, а обрабатываемые ими площади увеличились с 11430,0 тыс./га в 1990 году до 26816 тыс./га в 2021 году.

Микробиом почвы является важнейшим компонентом, формирующим почвенное плодородие, при его непосредственном участии осуществляются природные азотфиксация, фосфатмобилизация, ростстимуляция, биопротекция и гумусообразование [7], [8]. При этом он является исключительно чутким индикатором, реагирующим на динамику изменения почвенного плодородия и экологию почвенной среды [4], [9], [10], [11]. В связи с этим, в

современных условиях, мониторинг динамики микробиома почвы является актуальным и имеет большое теоретическое и практическое значение.

Важной и очень актуальной характеристикой почвенного плодородия и экологически сбалансированного протекания биологических процессов в почве является плотность нахождения азотфиксирующих бактерий в ней. Особо значимы среди них бактерии из вида *Azotobacter chroococcum*. Плотность присутствия в почве этих микроорганизмов является одним из показателей уровня их плодородия и экологического благосостояния [10], [12], [13].

Цель эксперимента заключалась в мониторинге и анализе интенсивности жизнедеятельности свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов из вида *Azotobacter chroococcum* в условиях меняющегося климата и роста антропогенных нагрузок на агрочерноземе.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные данные получены в условиях агрочерноземов юго-востока Центрального Черноземья, представленных черноземом обыкновенным среднегумусным, среднемощным, тяжелосуглинистым, с благоприятными физико-химическими и агрохимическими показателями 30-сантиметрового слоя: гумус – 6,48%, pH_{KCl} – 6,99, азот гидролизуемый (по Тюрину и Кононовой) – 61,2 мг/кг, общий фосфор (по Гинзбург и Щегловой) – 0,35%, общий калий (по Ожигову) – 1,85%, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 66,4 мг/кг почвы.

Наблюдения за динамикой изменения микробного пула агрочерноземов проводили в процессе выполнения плана научно-исследовательских работ. Для микробиологических анализов два раза за летний сезон из пахотного слоя почвы 0-20 см отбирали почвенные образцы в агроценозе зернопропашного севооборота. Микробиологические исследования выполняли в свежих почвенных пробах. Учет численности азотобактера *Azotobacter chroococcum* проводили на почвенных пластинах по методике Е.З. Теппер [14].

Корреляционно-регрессионный анализ экспериментальных данных исследований проводили с использованием современных компьютерных программ.

Годы проведения исследований по агрометеорологическим условиям были контрастными и отражали весь климатический спектр погоды юго-востока ЦЧР, что дает основание для достаточно объективной оценки полученных результатов.

Результаты исследования и обсуждение

С целью изучения влияния меняющихся условий внешней среды и антропогенных нагрузок был проведен анализ результатов длительного наблюдения – за тридцатисемилетний период за динамикой развития одной из наиболее важных в экологическом плане группы микроорганизмов рода *Azotobacter chroococcum*.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует, что интенсивность развития свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов вида *Azotobacter chroococcum* в агрочерноземах имеет достаточно существенные различия по периодам исследований (рис. 1). При средневегетационной плотности заселения почвы азотобактером от 297,8 КОЕ в 50 г почвы в период 1991-1994 годы до 458,0 КОЕ в 50 г почвы в период наблюдений 2020-2022 годы, что в первую очередь обусловлено воздействием внешней среды и, особенно погодно-климатическими условиями периодов наблюдений.

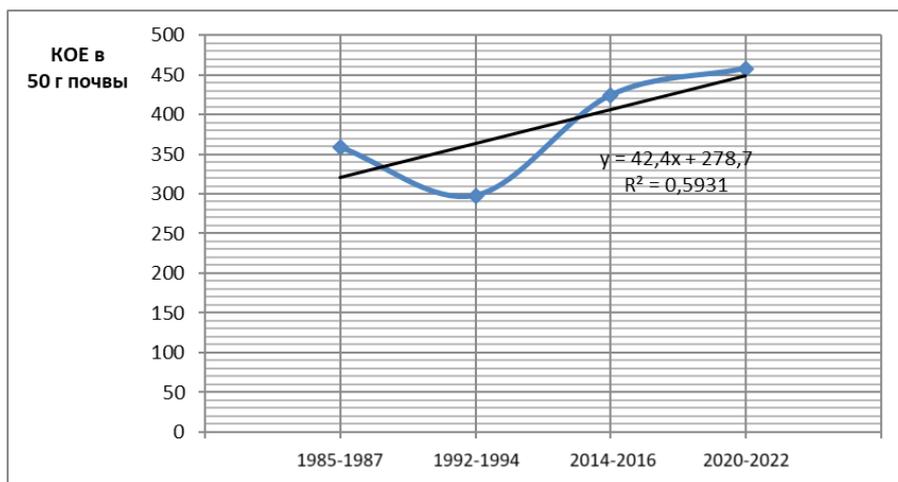


Рисунок 1 - Развитие азотобактера в агрочерноземах в слое 0-20 см в динамических условиях внешней среды
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.136.59.1>

Мониторинговые многолетние исследования и статистический корреляционно-регрессионный анализ полученных результатов свидетельствует, что за тридцатисемилетний период наблюдений за развитием свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов – азотобактера, в агрочерноземах юго-востока ЦЧР, в условиях меняющегося климата и роста антропогенных нагрузок, плотность присутствия азотобактера в агрочерноземах при соблюдении научно-обоснованных системы земледелия и агротехнологий, выращиваемых сельскохозяйственных культур имеет общую тенденцию сохранения и даже некоторого увеличения его численности, о чем свидетельствует, выявленная трендовая закономерность и уравнение регрессии, имеющее вид $y = 42,4x + 278,7$ (рис. 1).

Согласно выявленной трендовой закономерности его численность в пахотных почвах региона имеет тенденцию к росту и в среднем за промежуточные интервалы наблюдений его количество увеличивается на 42,4 КОЕ это порядка 10% к плотности его присутствия в современных агрочерноземах, что является подтверждением правильно разработанных научно-обоснованных систем земледелия.

Наименьшая плотность заселения агрочернозёмов азотобактером отмечалось в самый влажный период срока наблюдений 1992-1994 с ГТК = 1,17. Наиболее благоприятные условия для развития азотобактера в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР складываются в вегетационные периоды с ГТК близким к 1,0 (2014-2016 гг. – 0,96 и 2020-2022 гг. – 0,94) при плотности азотобактера в агрочерноземе 424 и 458 КОЕ в 50 г почвы.

В результате статистической обработки данных выявлено, что в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР развитие азотобактера в агрочерноземе имеет обратную отрицательную корреляционную связь средней силы с гидротермическими условиями вегетационного периода, выраженными через ГТК (Селянинова) – $r=0,58$, то есть с усилением засушливости климата при научно-обоснованном совершенствовании систем земледелия и агротехнологий его численность может возрастать, что говорит о гомеостатической устойчивости почвенной среды агрочернозёмов даже в динамических условиях внешней среды.

Заключение

Мониторинг длительных наблюдений за одной из важнейшей группой микроорганизмов, чувствительно реагирующей на изменение экологических условий – *Азотобактером*, показал, что в динамических условиях изменяющейся окружающей среды в научно-обоснованных системах земледелия, не происходит депрессии его популяции. Наоборот отмечается даже рост численности азотобактера в агрочерноземах, по-видимому, обусловленный повышением культуры земледелия и нарастающей адаптационной способностью микроорганизма в последующих поколениях к условиям изменяющегося климата и интенсификации земледелия.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Казеев К.Ш. Влияние загрязнения современными пестицидами на биологическую активность чернозема выщелоченного / К.Ш. Казеев, Е.С. Лосева, Л.Г. Боровикова [и др.] // *Агрохимия*. — 2010. — № 11. — С. 39-44.
2. Гармашов В.М. Азотобактер в агроценозах, насыщенных глифосатсодержащими гербицидами / В.М. Гармашов, Н.А. Нужная, Л.В. Гармашова // *Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера»*. — 2022. — Т. 14. — № 4. — С. 292-295.
3. Молчанов Ю.М. Влияние севооборота и монокультуры на некоторые свойства почвы и потенциальную активность бактерий / Ю.М. Молчанов // *Тезисы докладов IV съезда Украинского научного общества*. — Киев: Наукова думка, 1985. — С. 19.
4. Свистова И.Д. Влияние многолетнего внесения удобрений на почвенный поглотительный комплекс и микробное сообщество чернозема / И.Д. Свистова // *Агрохимия*. — 2004. — № 6. — С. 16-23.
5. Фаизова В.И. Влияние полифункциональных биопрепаратов на микробиоту чернозема обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья / В.И. Фаизова, С.В. Цховребов, В.Я. Лысенко [и др.] // *Земледелие*. — 2021. — № 3. — С. 4-7.
6. Переведенцев Ю.П. Глобальные и региональные изменения климата на рубеже XX и XXI столетий / Ю.П. Переведенцев, Э.П. Гоголь, К.М. Наумов [и др.] // *Вестник ВГУ. География. Геоэкология*. — 2007. — № 2. — С. 5-11
7. Казеев К.Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. — Ростов-на-Дону: Изд-во Южного Федерального университета, 2012. — 260 с.
8. Полянская Л.М. Развитие микроорганизмов в аэробных и анаэробных условиях в черноземе / Л.М. Полянская, М.А. Горбачева, Е.Ю. Милановский [и др.] // *Почвоведение*. — 2010. — № 3. — С. 356-360.
9. Бабьева И.П. Биология почв: учебник; под ред Д.Г. Звягинцева / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. — 2-е изд., пераб и доп. — Москва: Изд-во МГУ, 1989. — 336 с.
10. Джанаев З.Г. Агрохимия и биология почв юга России / З.Г. Джанаев // Под ред. В.Г. Минеева. — М.: изд-во Моск. университета, 2008. — 528 с.
11. Безуглова О.С. Адаптогенное действие гуминового препарата при возделывании озимой пшеницы / О.С. Безуглова, В.А. Лыхман, А.В. Горюнов [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. — 2018. — Т. 32. — № 11. — С. 53-56.
12. Колесников С.И. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. — Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. — 232 с.
13. Гармашов В.М. Развитие микроорганизмов, связанных с циклом азота, при минимализации обработки почвы и прямом посеве в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР / В.М. Гармашов, Л.В. Гармашова // *Агрохимия*. — 2022. — № 4. — С. 60-64.

14. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.Н. Переверзев. — М.: Колос, 1979. — 215 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kazeev K.Sh. Vliyanie zagryazneniya sovremennymi pesticidami na biologicheskuyu aktivnost' chernozema vyshchelochennogo [The Influence of Pollution by Modern Pesticides on the Biological Activity of Leached Chernozem] / K.Sh. Kazeev, E.S. Loseva, L.G. Borovikova [et al.] // *Agrohimiya [Agrochemistry]*. — 2010. — No. 11. — P. 39-44. [in Russian]

2. Garmashov V.M. Azotobakter v agrocenozah, nasyshchennyh glifosatsoderzhashchimi gerbicidami [Azotobacter in Agrocenoses Saturated with Glyphosate-containing Herbicides] / V.M. Garmashov, N.A. Nuzhnaya, L.V. Garmashova // *Mezhdisciplinarnyj nauchnyj i prikladnoj zhurnal «Biosfera» [Interdisciplinary Scientific and Applied Journal "Biosphere"]*. — 2022. — Vol. 14. — No. 4. — P. 292-295. [in Russian]

3. Molchanov Yu.M. Vliyanie sevooborota i monokul'tury na nekotorye svoystva pochvy i potencial'nyu aktivnost' bakterij [The Influence of Crop Rotation and Monoculture on Some Soil Properties and Potential Bacterial Activity] / Yu.M. Molchanov // *Tezisy dokladov IV s"ezda Ukrainskogo nauchnogo obshchestva [Abstracts of reports of the IV Congress of the Ukrainian Scientific Society]*. — Kyiv: Naukova Duma, 1985. — P. 19. [in Russian]

4. Svistova I.D. Vliyanie mnogoletnego vneseniya udobrenij na pochvennyj poglotitel'nyj kompleks i mikrobnoe soobshchestvo chernozema [The Influence of Long-term Application of Fertilizers on the Soil Absorption Complex and Microbial Community of Chernozem] / I.D. Svistova // *Agrohimiya [Agrochemistry]*. — 2004. — No. 6. — P. 16-23. [in Russian]

5. Faizova V.I. Vliyanie polifunkcional'nyh biopreparatov na mikrobiotu chernozema obyknovennogo v zone neustojchivogo uvlazhneniya Central'nogo Predkavkaz'ya [The Influence of Multifunctional Biological Products on the Microbiota of Ordinary Chernozem in the Zone of Unstable Moisture in the Central Ciscaucasia] / V.I. Faizova, S.V. Tskhovrebov, V.Ya. Lysenko [et al.] // *Zemledelie [Agriculture]*. — 2021. — No. 3. — P. 4-7. [in Russian]

6. Perevedentsev Yu.P. Global'nye i regional'nye izmeneniya klimata na rubezhe HKH i HKHI stoletij [Global and Regional Climate Changes at the Turn of the 20th and 21st Centuries] / Yu.P. Perevedentsev, E.P. Gogol, K.M. Naumov [et al.] // *Vestnik VGU. Geografiya. Geoekologiya [Bulletin of VSU. Geography. Geoecology]*. — 2007. — No. 2. — P. 5-11 [in Russian]

7. Kazeev K.Sh. Biodiagnostika pochv: metodologiya i metody issledovaniy [Soil Biodiagnostics: Methodology and Research Methods] / K.Sh. Kazeev, S.I. Kolesnikov. — Rostov-on-Don: Publishing house of the Southern Federal University, 2012. — 260 p. [in Russian]

8. Polyanskaya L.M. Razvitie mikroorganizmov v aerobnyh i anaerobnyh usloviyah v chernozeme [Development of Microorganisms in Aerobic and Anaerobic Conditions in Chernozem] / L.M. Polyanskaya, M.A. Gorbacheva, E.Yu. Milanovsky [et al.] // *Pochvovedenie [Soil Science]*. — 2010. — No. 3. — P. 356-360. [in Russian]

9. Babieva I.P. *Biologiya pochv: uchebnik [Soil Biology: textbook]*; edited by D.G. Zvyagintseva / I.P. Babieva, G.M. Zenova. — 2nd ed., revised and supplemented. — Moscow: Moscow State University Publishing House, 1989. — 336 p. [in Russian]

10. Dzhanaev Z.G. *Agrohimiya i biologiya pochv yuga Rossii [Agrochemistry and Soil Biology in the South of Russia]* / Z.G. Dzhanaev // Ed. V.G. Mineeva. — M.: Publishing House of Moscow University, 2008. — 528 p. [in Russian]

11. Bezuglova O.S. Adaptogennoe dejstvie guminovogo preparata pri vozdeystvovanii ozimoj pshenicy [Adaptogenic Effect of Humic Preparation during the Cultivation of Winter Wheat] / O.S. Bezuglova, V.A. Lykhman, A.V. Gorovtsov [et al.] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology of the Agro-industrial Complex]*. — 2018. — Vol. 32. — No. 11. — P. 53-56. [in Russian]

12. Kolesnikov S.I. *Ekologicheskie posledstviya zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami [Ecological Consequences of Soil Pollution with Heavy Metals]* / S.I. Kolesnikov, K.Sh. Kazeev, V.F. Valkov. — Rostov-on-Don: Publishing House of North Caucasus Scientific Centre of Higher School, 2000. — 232 p. [in Russian]

13. Garmashov V.M. Razvitie mikroorganizmov, svyazannyh s ciklom azota, pri minimalizacii obrabotki pochvy i pryamom poseve v pochvenno-klimaticheskikh usloviyah yugo-vostoka CCHR [Development of Microorganisms Associated with the Nitrogen Cycle with Minimal Tillage and Direct Sowing in the Soil and Climatic Conditions of the Southeast of the Central Black Sea Region] / V.M. Garmashov, L.V. Garmashova // *Agrohimiya [Agrochemistry]*. — 2022. — No. 4. — P. 60-64. [in Russian]

14. Tepper E.Z. *Praktikum po mikirobiologii [Workshop on Microbiology]* / E.Z. Tepper, W.K. Shilnikova, G.N. Pereverzev. — M.: Kolos, 1979. — 215 p. [in Russian]