

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ БАКТЕРИЙ ЧЕРНОЗЕМА МИГРАЦИОННО-СЕГРЕГАЦИОННОГО РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Тищенко С.А., Колесников С.И., Горбов С.Н., Николаева А.С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: tischenko@sfedu.ru

Проведен анализ влияния локального переувлажнения на численность бактерий черноземов, которые подвергаются избыточному увлажнению на примере Зерноградского района Ростовской области. В результате исследования было установлено, что переувлажнение черноземов миграционно-сегрегационных приводит к изменению их биологических свойств, и прежде всего общей численности бактерий. Обнаружена незначительная разница в численности бактерий между автоморфными и гидроморфными черноземами: общая численность бактерий в целом по профилю ниже в переувлажненном черноземе по сравнению с автоморфным аналогом. Также в верхнем 25 см слое переувлажнённого чернозема общая численность бактерий была почти в два раза ниже, чем у чернозема автоморфного на той же глубине. При диагностике переувлажнения черноземов обилие бактерий рода *Azotobacter* не рекомендуется использовать в связи с его малой информативностью.

Ключевые слова: локально переувлажненные ландшафты, чернозем, вторичный гидроморфизм.

THE IMPACT OF LOCAL WATERLOGGING ON THE NUMBER OF BACTERIA OF CALCIC CHERNOZEM OF THE ROSTOV REGION

Tischenko S.A., Kolesnikov S.I., Gorbov S.N., Nikolaeva A.S.

Southern federal university, Rostov-on-Don, e-mail: tischenko@sfedu.ru

The analysis of the local impact of waterlogging on the number of bacteria in the Chernozems that are exposed to excessive moisture, for example, Zernogradskiy district, Rostov region was carried out. It was obtained that waterlogging of the topsoil of calcic Chernozem leads to changes in their biological properties, especially the total number of bacteria. The slight difference in the numbers of bacteria between the automorphic and hydromorphic chernozems was discovered. The total number of bacteria in the whole profile decreased in hydromorphic Chernozem compared to the automorphic analogue. Also in the top 25 cm layer of moistened Chernozem the total bacterial abundance was almost two times lower than that of automorphic Chernozem at the same depth. When diagnosing waterlogged Chernozem, the abundance of *Azotobacter* bacteria is not recommended for use in connection with its low informative value.

Keywords: locally waterlogging landscapes, Chernozem, secondary hydromorphism.

Одной из основных проблем для степной зоны европейской части России стало возникновение и широкое распространение современного вторичного гидроморфизма самых плодородных почв – черноземов. Относительно ограниченная изученность процесса современного переувлажнения черноземов проявляется, прежде всего, в том, что количество опубликованных научных и производственных работ по рассмотрению этой проблемы весьма незначительно и явно не соответствует масштабу распространения вновь образованных деградированных переувлажненных и засоленных почв [6].

Сложность исследования почвенного покрова таких ландшафтов связана с периодическим характером переувлажнения. Даже длительное интенсивное переувлажнение почв часто не оставляет видимых изменений в морфологии и химических свойствах черноземов. Почвенные микроорганизмы, являясь наиболее активной и чувствительной составной частью почвы, служат своеобразными биоиндикаторами её экологического

состояния. Ведущий фактор воздействия в виде избыточного увлажнения оказывает комплексное воздействие на почвенные микробные сообщества. При этом вслед за изменением растительного покрова таких ландшафтов происходит закономерная смена одних видов другими, происходит перестройка всего биоценоза. Микрофлора почв, подверженных переувлажнению, реагирует на незначительное по масштабу воздействие, и ее отклик зачастую быстрее, чем реакция растительного покрова и физических и химических свойств почв.

Цель исследования заключалась в установлении влияния избыточного увлажнения на численность бактерий черноземов локально гидроморфных ландшафтов на примере зерноградского района Ростовской области.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в зерноградском районе Ростовской области. Территория зерноградского района является частью Азово-Кубанской низменности. Исследуемая территория представляет собой слабоволнистую равнину, расчлененную балочно-речной сетью, и характеризуется слабой естественной дренированностью, что обусловлено равнинным характером его рельефа. Климат носит континентальный характер с умеренно жарким летом и с умеренно холодной весной. Гидротермический коэффициент, характеризующий влагообеспеченность, равен 0,8–0,9, то есть район относится к засушливым регионам. Зональные почвы зерноградского района представлены черноземами миграционно-сегрегационными [8]. Исследования проводились на участке переувлажнения, представляющем собой многолетнюю (более 30 лет) залежь, располагающийся в небольшом понижении на сельскохозяйственном поле. Как правило, подобные ландшафты резко выделяются среди сельскохозяйственных полей из-за смены растительности. Наряду со степными видами широко представлены влаголюбивые гидроморфные растения, а также хорошо выражена поясность в характере размещения группировок травяно-лугово-болотной растительности [9]. От пашни тростниковый участок отделен узкой полосой разнотравья, представленного в основном такими видами, как осот розовый (*Cirsium arvense*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), костер кровельный (*Bromustectorum* L), пырей ползучий (*Elytrigia repens*) и т.д. Вся территория участка отличается неоднородностью в распространении сообществ растений. Присутствуют участки с доминированием тростника обыкновенного (*Phragmites communis*) и значительным участием вейника наземного (*Calamagrostis epigeios*). Поверхность почвы покрыта мхами в некоторых местах. Также есть на исследуемой территории отдельные участки, представленные разнотравьем, основу которого составляют пырей ползучий (*Elytrigia repens*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*), ромашка продырявленная (*Matricaria perforata* L.) подорожник

большой (*Plantagomajor L.*), щавель конский (*Rumexconfertus*), девясил британский (*Inulabritannica L.*). Неодинаковый растительный покров становится причиной различий в температуре и влажности почвы. Более плотный и высокий покров, который образует сообщество тростника обыкновенного, является причиной более низкой температуры верхних слоев почвы и их более высокой влажности. Влажность почв переувлажнённого участка в среднем в полтора раза выше, чем у автоморфного чернозема на пашне. Почвы локально гидроморфных ландшафтов представлены гидрометаморфизованными подтипами зональных черноземов.

Исследования микрофлоры проводили методом учета численности бактерий в почве при помощи люминесцентной микроскопии по Звягинцеву и Кожевину [4].

Содержание органического углерода в почве было выполнено на автоматическом анализаторе TOC-L CPN Shimadzu. Принцип определения общего углерода (ТС) основан на прямом сжигании пробы в специализированной трубке сжигания ТС, заполненной катализатором окисления и нагретой до 680 °С, и последующем учете выделившейся двуокиси углерода с помощью бездисперсионного инфракрасного детектора (NDIR). Органический углерод (ТОС) определяется как разность между общим суммарным (ТС) и неорганическим (IC) углеродом.

Численность (обилие) бактерий рода *Azotobacter* учитывали методом почвенных комочков на неподкисленной среде Эшби [4].

Результаты и их обсуждение. Ранее проведенные исследования почв локально переувлажнённых ландшафтов на юге России [5, 7] выявили, что почвы локально переувлажненных ландшафтов содержат примерно в два раза меньше бактерий, чем автоморфные. Затопление черноземов в модельном эксперименте приводило к значительному изменению численности микрофлоры, однако при ее подсыхании микробная система стремилась вернуться в исходное состояние. Смена режима увлажнения с избыточного на оптимальный приводила к значительному выравниванию показателей численности микрофлоры в опытных вариантах по сравнению с контролем. Быстрее восстанавливалась численность бактерий. Однако численность микроорганизмов и через 40 суток после прекращения длительного затопления (более чем 300 суток) не достигала контрольных значений [7]. При этом методом посева было выявлено, что четкой связи между численностью микроорганизмов со степенью гидроморфизма почв нет. Когда как определение численности бактерий методом люминесцентного микроскопирования показало, что локально-гидроморфные почвы содержат примерно в два раза меньше бактерий, чем автоморфные [5].

В результате исследования выяснилось, что наибольшее отличие в количестве бактерий между автоморфным и переувлажненным черноземом наблюдается в верхних горизонтах. Вниз по профилю численность микроорганизмов постепенно снижается в обоих случаях (рис. 1).

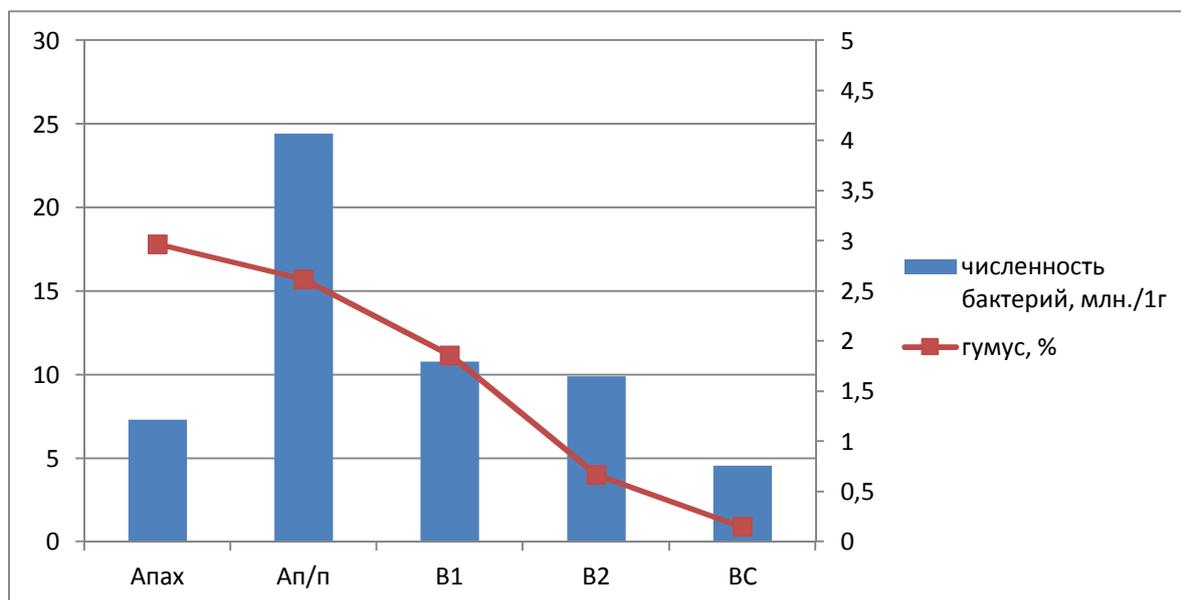


Рис. 1. Численность бактерий чернозема миграционно-сегрегационного, Зерноградский р-н, Ростовская обл.

Оптимальная глубина для роста почвенной микрофлоры составляет 25–48 см. Разница между автоморфным и переувлажненным черноземом незначительна и наблюдается только в верхних горизонтах (рис. 1, 2). Содержание микроорганизмов более плавно снижается вниз по профилю в автоморфном черноземе в сравнении с переувлажняемым.

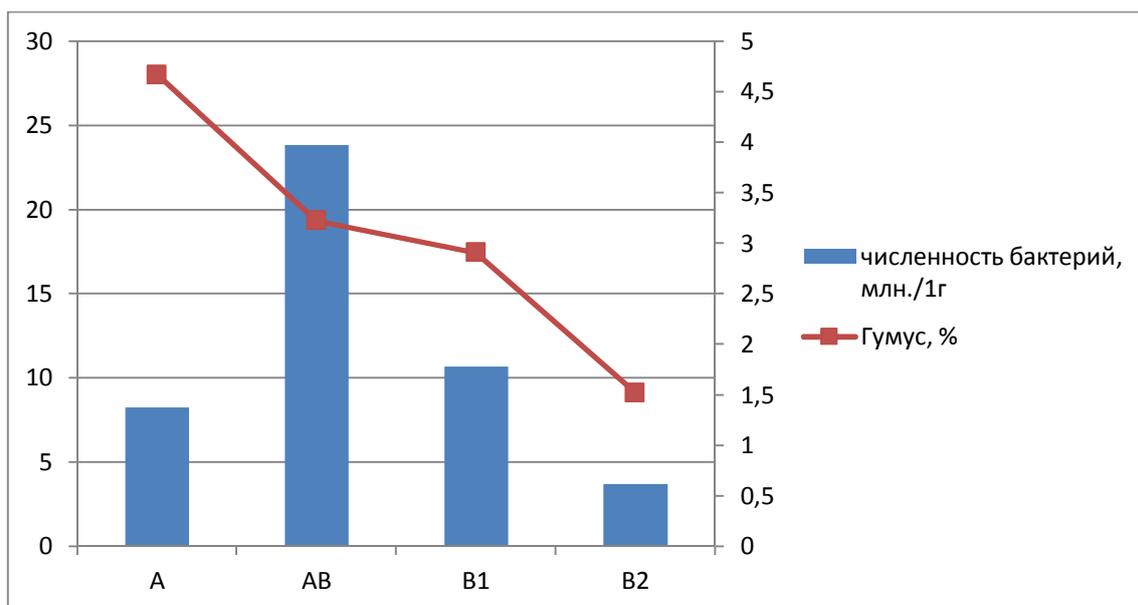


Рис. 2. Численность бактерий чернозема квазиглееватого карбонатного Зерноградский р-н, Ростовская обл.

Распределение микроорганизмов по горизонтам почв и в ризосфере обусловлено содержанием гумуса, живых корней органических остатков, гранулометрическим составом. При продвижении вниз по профилю почвы постепенно изменяется как количество микроорганизмов, так и их состав. Это снижение связано уменьшением количества гумуса с глубиной, но эта зависимость не прямая. Как правило, снижение численности микроорганизмов происходит более резко, чем происходит снижение количества органического вещества. В исследованных почвах не отмечено связи общей численности бактерий и содержания в почве гумуса. Таким образом, увеличение количества гумуса не вызывает закономерного увеличения численности бактерий.

Согласно шкале, разработанной Д.Г. Звягинцевым [2], исследованные почвы характеризуются большей частью как очень богатые микроорганизмами, и только самые нижние горизонты, приблизительно с 80 см для обоих изученных черноземов, характеризуются как богатые. Существенное отличие переувлажнённого чернозема от автоморфного было обнаружено в верхнем 25 см слое: общая численность бактерий чернозема автоморфного почти в два раза выше, чем в переувлажненном. Как правило, самый верхний горизонт черноземов отличается высокими показателями численности. Это касается нормально увлажненных почв, так как в сухих почвах от недостатка влаги больше страдает самый поверхностный слой. Основным лимитирующим фактором активизации микробиологических процессов в черноземах служит их степень увлажнения. Образцы, взятые для исследования, были отобраны в начале лета, и возможно причиной снижения численности бактерий явилось иссушение верхнего слоя. Также не ясна причина снижения численности в верхнем слое в почве в пятне переувлажнения, т.к. влажность переувлажненного чернозема была выше влажности на пашне. При морфологическом описании на ощупь ощущается разница в увлажнённости профиля, особенно верхних горизонтов исследуемых почв.

Таким образом, при исследовании почв локально гидроморфного участка Зерноградского района было установлено незначительное влияние процессов переувлажнения на численность микроорганизмов. Если рассматривать профиль почвы в целом, то общая численность бактерий ниже в переувлажненном черноземе по сравнению с автоморфным аналогом. Поскольку образцы для исследования отбирались в летний период, то ожидаемая разница в степени увлажнения верхних горизонтов почв была не столь велика, как это бывает ранней весной или осенью. При этом общая численность не зависит напрямую от количества общего гумуса. Вероятнее всего, есть другие факторы, влияющие на общую численность бактерий. Это может быть как химические и физические свойства почв, так и характер растительности.

Азотобактер – типичный представитель свободноживущих микроорганизмов. Впервые был выделен из почвенной среды Бейеринком еще в 1901 году. К настоящему времени известен ряд видов азотобактера: *Azotobacterchroococcum*, *Az. beijerinckii*, *Az. vinelandii*, *Az. agilis*, *Az. nigricans*, *Az. galophilum*. Наиболее распространенный в почвах и хорошо изученный вид *Azotobacterchroococcum*. Он относится к аэробным неспорообразующим грамотрицательным бактериям, фиксирующим молекулярный азот. *Azotobacterchroococcum* признан индикаторным микроорганизмом на определенные почвы (богатые элементами питания и азотом, влажные и нейтральные, хорошо окультуренные) [3].

Большое влияние на развитие азотобактера оказывает влажность почвы. Во многих черноземах, каштановых и сероземных почвах, благоприятных для азотобактера, его обнаруживают в значительных количествах лишь весной. Клетки азотобактера имеют меньшее осмотическое давление, чем клетки грибов и актиномицетов; потребность во влаге аналогична потребности высших растений. Азотобактер распространен в пресных водоемах, илах, затопляемых рисовых полях, сточных водах, сильно увлажненных почвах, на водных растениях в прудах и водохранилищах. Это свидетельствует о его высокой степени гидрофильности. При нехватке влаги он становится цистами – покоящимися клетками, покрытыми плотной оболочкой. Азотобактер также весьма чувствителен к реакции среды. Оптимальная для его развития область рН 7,2–8,2.

Таким образом, требовательность к факторам среды обитания делают род *Azotobacter* высокочувствительным видом-индикатором. Он широко используется для мониторинга, диагностики и нормирования химического загрязнения почв [1]. Этот показатель применяли и для диагностики изменения биологических свойств почв при затоплении черноземов растворами различных солей в модельном эксперименте [5; 7].

В исследованных почвах не было обнаружено различий между переувлажненными почвами и черноземом автоморфным (табл. 1).

Полученные результаты хорошо согласуются с отмеченными ранее физиологическими особенностями бактерий рода *Azotobacter*. Поскольку для нормального развития азотобактер нуждается в элементах минерального питания, особенно в фосфоре и кальции, достаточном увлажнении и нейтральной или близкой к ней реакцией среды, то не удивительно, что по всему профилю переувлажненных почв было обнаружено 100 % обрастание комочков почвы. Переувлажненные почвы как нельзя лучше отвечают экологическим требованиям, которые данный вид предъявляет к среде обитания.

Таблица 1

Обилие бактерий рода *Azotobacter* в исследуемых почвах Зерноградского района

№	Почва	Горизонт	Глубина, см	Обилие бактерий рода <i>Azotobacter</i> , % комочков обрастания
1	Чернозем миграционно- сегрегационный карбонатный мощный (разр. 15/01)	Апах	0-25	100
		Ап/п	25-36	100
		В ₁	36-54	100
		В ₂	54-80	100
		ВС	80-120	85
2	Чернозем квазиглееватый карбонатный солончаковый мощный (р. 15/02)	А	0-20	100
		АВ _s	20-40	100
		В ₁	40-60	100
		В ₂	60-80	100
3	Чернозем квазиглееватый карбонатный мощный (разр. 15/03)	А	0-25	100
		АВ	25-48	100
		В ₁	48-75	100
		В ₂	75-100	100
		ВС	100-110	100

Поэтому можно констатировать, что бактерии рода *Azotobacter*, которые отлично проявили себя как биоиндикаторы многих разнообразных видов антропогенного воздействия (таких как химическое загрязнение, радиационное воздействие, загрязнение нефтью и нефтепродуктами), при диагностике переувлажнения черноземов оказались малоэффективными.

Выводы:

1. Переувлажнение черноземов миграционно-сегрегационных приводит к изменению их биологических свойств, и прежде всего общей численности бактерий.

2. Почвенный профиль как чернозема автоморфного, так и подвергающегося переувлажнению, характеризуются как очень богатые микроорганизмами, и только самые нижние горизонты, приблизительно с 80 см для обоих изученных черноземов, характеризуются как богатые.

3. Обнаружена незначительная разница в численности бактерий между автоморфными и гидроморфными черноземами: общая численность бактерий в целом по профилю ниже в

переувлажненном черноземе по сравнению с автоморфным аналогом. Также в верхнем 25 см слое переувлажнённого чернозема общая численность бактерий была почти в два раза ниже, чем у чернозема автоморфного на той же глубине.

4. Все исследованные почвы характеризуются высоким обилием бактерий рода *Azotobacter*, что связано с их благоприятными химическими и физическими свойствами. Не было обнаружено различий между переувлажненными почвами и черноземом автоморфным. При диагностике переувлажнения черноземов, рекомендуется не использовать этот показатель, он будет малоэффективным.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.345.2014/К) и государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-9072.2016.11).

Список литературы

1. Влияние антропогенных воздействий на биологические свойства почв юга России: коллективная монография / отв. ред. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2014. – 200 с.
2. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.
3. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв: учебник. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
4. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2012. – 260 с.
5. Казеев К.Ш., Фомин С.Е., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологические особенности локально-гидроморфных почв Ростовской области // Почвоведение. – 2004. – № 3. – С. 361-372.
6. Разумов В.В., Молчанов Э.Н., Глушко А.Я., Разумова Н.В. К проблеме подтопления земель на юге европейской части России // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2014. – Вып. 73. – С. 3–18.5.
7. Стрелкова В.И. Влияние переувлажнения и засоления на биологические свойства почв Юга России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ростов н/Д., 2006. – 24 с.
8. Тищенко С.А. Изменение черноземов Нижнего Дона при локальном переувлажнении: дис. ... канд. биол. наук. – Ростов н/Д., 2004. – 202 с.
9. Филоненко В.Н. Взаимосвязь структуры почвенного покрова и растительного покрова при переувлажнении геоморфологически расчлененных ландшафтов восточных отрогов Донецкого кряжа: дис. ... канд. биол. наук. – Персиановка, 2000. – 162 с.