

Сезонное изменение ферментативной активности почв заповедника «Черные земли»

The Seasonal Change in the Enzymatic Activity of the Soil of the “Chernye Zemli” Reserve

Алексей Александрович Булуктаев (Aleksey A. Buluktaev)¹

¹ научный сотрудник, Калмыцкий научный центр РАН (д. 8, ул. им. И. К. Илшикина, 358000 Элиста, Российская Федерация)

Research Associate, Kalmyk Scientific Center of the RAS (8, Ilishkin St., Elista 358000, Russian Federation)

ORCID: 0000-0002-2329-465X. E-mail: buluktaev89@mail.ru

Аннотация. Цель настоящей статьи заключается в исследовании сезонного изменения ферментативной активности почв заповедника «Черные земли» как территорий с наименьшей антропогенной нагрузкой. *Методы.* Отбор проб осуществлен на различных почвенных разностях заповедника по общепринятым методикам, в различные временные отрезки 2019 г. Ферментативную активность почв (по активности каталазы и инвертазы) исследовали по методикам Галстяна и Хазиева. *Результаты.* В результате проведенного исследования установлено, что почвы заповедника «Черные земли» проявляют хорошую биологическую активность. В период ранней весны активность почвенного фермента каталазы низкая, весной с ростом температуры и развитием растительного покрова активность данного фермента возрастает практически вдвое. Летом при высоких температурах активность каталазы ингибируется, осенью в период вторичной вегетации растений активность каталазы незначительно увеличивается. Активность инвертазы в течение сезона практически не изменяется. *Выводы.* Факторами, влияющими на активность каталазы в почвах, являются температура, влажность, засоление и химическое загрязнение. В почвах с хорошим растительным покровом активность каталазы и инвертазы выше, чем в почвах, лишенных растительности, причем данная закономерность прослеживается даже на заросших песках. Нефтяное загрязнение ингибирует активность почвенных ферментов. Активность каталазы можно использовать для диагностики биологического состояния почв.

Ключевые слова: ферментативная активность, заповедник «Черные земли», каталаза, инвертаза, бурые-полупустынные почвы

Благодарность. Исследование проведено в рамках государственной субсидии — проект «Развитие сельских территорий Юга России: комплексный анализ социально-экономический и экологический мониторинг» (номер госрегистрации: АААА–А19-119011490037-8).

Для цитирования: Булуктаев А. А. Сезонное изменение ферментативной активности почв заповедника «Черные земли». Полевые исследования. 2020; (Вып. 7): 134–143. DOI: 10.22162/2500-4328-2020-7-134-143

Abstract. *Goal.* The goal of the article is to analyze the seasonal change of the enzymatic activity of the soil of the “Chernye Zemli” reserve as the territories with the least anthropogenic impact. *Methods.* The selection of the samples was collected on the different soil variations of the reserve with the help of the commonly used methods in different time spans of 2019. The enzymatic activity of the soil (on the activity of catalase and invertase) was analyzed according to Galstyan and Khaziev methods. *Results.* The research showed that the “Chernye Zemli” soils have a good biological activity. During the early spring period the activity of soil enzyme catalase is low, in spring with the increase in temperature and the development of vegetation the activity of this enzyme almost doubles. In summer with the high temperature the activity of catalase represses, in autumn during the second vegetation of the plants the activity of catalase slightly increases. The activity of invertase practically does not change throughout the season. *Conclusion.* The factors that influence catalase activity in the soil include the temperature, humidity, salification and chemical pollution. In the soils with good vegetation surface the activity of catalase and invertase is higher than in the soils that lack vegetation. Notably, the same pattern can be traced even in overgrown sands. The oil pollution represses the activity of soil enzymes. The catalase activity can be used for the diagnostics of the biological condition of soils.

Keywords: enzymatic activity, “Chernye Zemli” reserve, catalase, invertase, brown desert-steppe soil

Acknowledgement. The study was conducted under the scope of the state subsidy – the project “The Development of the Rural Territories of South of Russia: Comprehensive Analysis and Social-economic and Ecological Monitoring” (the state registration number АААА–А19-119011490037-8).

For citation: Buluktaev A. A. The Seasonal Change in the Enzymatic Activity of the Soil of the “Chernye Zemli” Reserve. *Field Researches*. 2020; (Vol. 7): 134–143. DOI: 10.22162/2500-4328-2020-7-134-143

Введение

Ферменты — это катализаторы химических реакций белковой природы, отличающиеся специфичностью действия в отношении

катализа определенных химических реакций. Ферменты являются продуктами биосинтеза живых почвенных организмов: древесных и травянистых растений, мхов, лишайников, водорослей, грибов, микроорганизмов, простейших, насекомых, беспозвоночных и позвоночных животных, которые представлены в природе определенными совокупностями — биоценозами [Гамаюрова, Зиновьева 2011: 28].

При отмирании и перегнивании живых организмов часть их ферментов разрушается, а часть, попадая в почву, сохраняет свою активность и катализирует многие почвенные химические реакции, участвуя в процессах почвообразования и в формировании качественного признака почв — плодородия.

В разных типах почв под определенными биоценозами сформировались свои ферментативные комплексы, отличающиеся активностью биокаталитических реакций.

Бурье-полупустынные почвы юга России характеризуются незначительной биологической активностью, связанной с постоянным прессингом высоких температур, ветровой эрозии и антропогенными факторами. Основные черты диагностики: низкая продолжительность биологически активного периода почвообразования из-за длительных засухи и морозной зимы, малая мощность гумусовой толщи при слабой гумификации, крайне слабая выщелоченность от карбонатов и солей при неглубоком среднегодовом промачивании почвенной толщи, слабощелочные условия почвенной среды. Для зоны бурых полупустынных почв типично варьирование гранулометрического состава в структуре почвенного профиля, как результат древне-водного происхождения рельефа Прикаспийской низменности [Валькоф, Казеев, Колесников 2008: 136–137].

В проведенных Калмыцким научным центром исследованиях установлено, что бурые полупустынные почвы населенных пунктов Республики Калмыкия проявляют слабую биологическую активность, что связано с климатом региона и высокой антропогенной нагрузкой, кроме того, данные почвы характеризуются легким механическим составом и засолением [Булуктаев 2020; Булуктаев 2018]. В табл. 1 представлены данные химического состава и био-

логических свойств бурой полупустынной почвы на территории поселка Сарул, Черноземельского района Республики Калмыкия.

Таблица 1. Физико-химические и биологические свойства бурой полупустынной почвы

Почва	Гранулометрический состав	Гумус, %	pH водный	Активность каталазы, мл O ₂ /г за 1 мин.	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч.
Бурая полупустынная	Супесчаная	0,42	8,76	1,36*	0,18*

*активность ферментов в весенний период

Однако в отличие от почв вне ООПТ (особо охраняемых природных территорий) почвы заповедника практически не подвержены антропогенному воздействию. Благодаря режиму заповедования растительный покров не подвергается сильному стравливанию и вытаптыванию, что благоприятно сказывается на биологической активности почв.

Почвенный покров степного участка заповедника «Черные земли» представлен зональными бурыми полупустынными супесчаными почвами и их комплексами с солонцами полупустынными в сочетании с очагами дефлированных песков [Убушаев и др. 2015: 26].

Именно поэтому цель данного исследования — изучить сезонное изменение активности почвенных ферментов на территории заповедника «Черные земли».

Материал и методы исследования

Для исследования сезонного изменения ферментативной активности почв степного участка заповедника «Черные земли» образцы почв были отобраны в разные временные отрезки 2019 г., с поверхностного слоя.

Отбор проб был проведен на территории развалин Майорка, урочища Сапожок, кордона Ацан-Худук, у Одинокого дерева на восточной границе заповедника, в районе Городовиковского моста, в центральной части заповедника у наблюдательной вышки № 4, в районе Железо-бетонного моста, в районе нефтяного месторождения Тенгута.

О ферментативной активности почв судили по активности каталазы и инвертазы. Определение каталазной и инвертазной активности почв проведено по методу А. Ш. Галстяна. [Галстян 1974; Галстян 1957].

Результаты исследования и их анализ

Для исследования ферментативной активности почв заповедника «Черные земли» отбор проб осуществлен на различных почвенных разностях. Так, в гранулометрическом составе почвенного покрова в районе Майорки преобладают фракции — песок мелкий, пыль крупная. Почва бурая полупустынная песчаная.

Почвенный покров урочища Сапожок представлен заросшими песками, в гранулометрическом составе преобладают фракции — песок мелкий, песок крупный и средний, пыль крупная.

В гранулометрическом составе почв на территории кордона Ацан-Худук преобладают фракции — песок мелкий, песок крупный и средний, пыль крупная, почва бурая полупустынная песчаная.

Почвенный покров в районе Одинокого дерева представлен бурыми полупустынными песчаными почвами. В гранулометрическом составе преобладает песок мелкий.

Почвы в районе Городовиковского моста — бурые полупустынные, сулинистые. В гранулометрическом составе преобладают фракции песка мелкого и пыли крупной.

Почвенный покров в районе наблюдательной вышки № 4 представлен бурыми полупустынными песчаными почвами. В гранулометрическом составе преобладает песок мелкий.

Почвенный покров в районе Железобетонного моста представлен бурыми полупустынными супесчаными почвами. По гранулометрическому составу преобладают фракции — песок мелкий и пыль крупная.

Почвы нефтяного месторождения Тенгута — бурые полупустынные песчаные и солонцы полупустынные. По гранулометрическому составу преобладают следующие фракции — песок мелкий и пыль крупная.

Результаты активности почвенных ферментов за период с марта по апрель представлены в табл. 2.

Таблица 2. Активность каталазы и инвертазы в почвах за период с марта по апрель 2019 г.

№	Место отбора	Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 минуту	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч.
1	на территории развалин Майорка	0,50	0,20
2	на территории урочища Сапожок	0,80	0,27
3	на территории кордона Ацан-Худук	1,08	0,36
4	на территории Одинокое дерево	1,46	0,45
5	на территории Городовиковского моста	0,24	0,20
6	на территории Вышки № 4	0,86	0,31
7	на территории Железо-бетонного моста	0,28	0,20
8	на территории Тенгута	0,13	0,15

Активность каталазы в текущих месяцах находится на минимальных значениях и варьирует в пределах от 0,13 до 1,46 мл O₂ на 1 г почвы за 1 минуту, что объясняется началом вегетационного периода у растений и относительно низкими температурами. Активность каталазы на открытых песках характеризуется минимальными значениями. Это говорит о низкой биологической активности этого типа почвенного покрова, однако на заросших песках активность этого фермента высокая. Почвы нефтяного месторождения подвергаются антропогенным воздействиям, что отрицательно влияет на активность каталазы. Активность инвертазы в исследуемых почвах варьирует от 0,15 до 0,45 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч. Активность этого фермента зависит от типа почв

и растительного покрова: так, минимальные значения активности данного фермента зафиксированы в почвах нефтяного месторождения Тенгута, песках и засоленных почвах.

Ферментативная активность почв за период с мая по июнь представлена в табл. 3.

Таблица 3. Активность каталазы и инвертазы в почвах за период с мая по июнь 2019 г.

№	Место отбора	Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 минуту	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч.
1	на территории развалин Майорка	1,98	0,18
2	на территории урочища Сапозок	2,20	0,30
3	на территории кордона Ацан-Худук	3,00	0,36
4	на территории Одинокое дерево	3,38	0,40
5	на территории Городовиковского моста	1,64	0,26
6	на территории Вышки № 4	2,40	0,30
7	на территории Железо-бетонного моста	1,42	0,20
8	на территории Тенгута	0,20	0,10

В период с мая по июнь происходит повышение температуры, а влажность почвы остается на относительно высоком уровне. Растительность активно развивается в этот период, проходит стадии кушения и выхода в трубку, с которыми связаны высокий обмен веществ, и, соответственно, деятельность корневой системы. Активность каталазы в этот период по сравнению с апрельской активностью увеличивается практически вдвое. Так, максимальные значения активности каталазы достигают 3,38 мл O₂ на 1 г почвы за 1 минуту, а минимальные 0,20 мл O₂ на 1 г почвы за 1 минуту. Активность инвертазы практически остается неизменной по сравнению с предыдущими месяцами. Исключением являются почвы нефтяного месторождения, здесь активность инвертазы незначительно ингибируется.

Показатели ферментативной активности почв заповедника «Черные земли» за летний период 2019 г. представлены в табл. 4.

Таблица 4. Активность каталазы и инвертазы в почвах за период с июля по август 2019 г.

№	Место отбора	Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 минуту	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч.
1	на территории развалин Майорка	1,20	0,15
2	на территории урочища Сапожок	1,44	0,30
3	на территории кордона Ацан-Худук	1,68	0,28
4	на территории Одинокое дерево	1,66	0,36
5	на территории Городовиковского моста	1,14	0,24
6	на территории Вышки № 4	1,26	0,28
7	на территории Железо-бетонного моста	1,20	0,16
8	на территории Тенгута	0,10	0,05

В июле активность каталазы в исследуемых почвах значительно снижается, это можно объяснить прессингом высоких температур и отмиранием растительного покрова. Так, показатели активности каталазы в почвах снижаются до 0,10 мл O₂ на 1 г почвы за 1 минуту. Сильное ингибирование активности каталазы в почвах месторождения можно объяснить влиянием нефтепродуктов и высокоминерализованных пластовых вод, которые могут попадать в окружающую среду. Инвертазная активность в почвах снижается, однако это снижение не столь значительное, вероятно, это связано со сгоранием гумуса и, как следствие, отсутствием субстрата для жизнедеятельности микроорганизмов и возможной денатурацией самих белковых молекул ферментов. В почвах нефтяного месторождения зафиксировано дальнейшее снижение активности данного фермента до 0,05 мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч.

Результаты активности исследуемых почвенных ферментов за осенний период представлены в табл. 5.

Таблица 5. Активность каталазы и инвертазы в почвах за период с сентября по октябрь 2019 г.

№	Место отбора	Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 минуту	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч.
1	на территории развалин Майорка	1,34	0,18
2	на территории урочища Сапожок	1,58	0,32
3	на территории кордона Ацан-Худук	1,80	0,38
4	на территории Одинокое дерево	1,88	0,36
5	на территории Городовиковского моста	1,20	0,28
6	на территории Вышки № 4	1,40	0,28
7	на территории Железо-бетонного моста	1,22	0,20
8	на территории Тенгута	0,10	0,10

Температура в осенний период снижается, а влажность почв увеличивается, начинается вторичная вегетация растительности. Все эти факторы приводят к увеличению биологических процессов, происходящих в почвах, а значит, и к увеличению активности почвенных ферментов. Активность каталазы в почвах по сравнению с летним периодом возрастает, максимальные значения достигают 1,88 мл O₂ на 1 г почвы за 1 минуту, минимальные — 0,10 мл O₂ на 1 г почвы за 1 минуту. Активность инвертазы в исследуемый период незначительно стимулируется и варьирует в пределах от 0,10 до 0,38 глюкозы на 1 г. почвы за 24 ч.

Заключение

В результате проведенного исследования нами установлено, что почвы заповедника проявляют относительно высокую биологическую активность, по сравнению с почвами населенных пунктов Республики Калмыкия. Доказано, что активность каталазы

изменяется в разное время года, с ранней весны до лета зафиксировано увеличение активности данного фермента, летом активность каталазы уменьшается, а осенью снова происходит ее увеличение. Сезонное изменение активности инвертазы не столь значительное и также связано с температурой и влажностью почв. Наименьшие показатели активности исследуемых ферментов зафиксированы в почвах нефтяного месторождения, за счет ингибирования ферментов нефтью и нефтепродуктами.

Литература

- Булуктаев 2020 — *Булуктаев А. А.* Химический состав почв Черноземельского района Республики Калмыкия // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2020. Т. 5. № 3. С. 11–21.
- Булуктаев 2018 — *Булуктаев А. А.* Изменение солевого состава почв Черных земель при нефтяном загрязнении // *Юг России: экология, развитие*. 2018. № 2. С. 184–195.
- Валькоф, Казеев, Колесников 2008 — *Валькоф В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И.* Почвы Юга России. Ростов н/Д: Эверест, 2008. 275 с.
- Галстян 1957 — *Галстян А. Ш.* Ферментативная активность некоторых типов почв Армении. Сообщение 2. О сравнительной активности инвертазы в некоторых типах почв Армении // *Доклад АН АрмССР*. 1957. Т. 24. № 7. С. 33–36.
- Галстян 1974 — *Галстян А. Ш.* Ферментативная активность почв Армении. Ереван: Айастан, 1974. 275 с.
- Гамаюрова, Зиновьева 2011 — *Гамаюрова В. С., Зиновьева М. Е.* Ферменты: лабораторный практикум. Спб.: Проспект Науки, 2011. 256 с.
- Убушаев и др. 2015 — *Убушаев Б. И., Булуктаев А. А., Хазыкова Н. Б., Манджиев Х. Б., Бадмаев В. Э., Евчук М. В., Васькина Н. А.* Летопись природы биосферного заповедника «Черные земли». Элиста: НПП «Джангар», 2015. 224 с.