



ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

<http://ecobiotech-journal.ru>*Миниобзор*

РОЛЬ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ В БИОХИМИЧЕСКОМ ГОМЕОСТАЗЕ В ПОЧВЕ

Хазиев Ф.Х.

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального
исследовательского центра РАН, Уфа
E-mail: bashbal@mail.ru

В определенных стационарных условиях биохимические процессы в почве поддерживаются в пределах некоторого динамического равновесия. В этом важную роль играют наличие в почве и активность разнообразного и богатого ферментного пула. В кратком обзоре рассмотрены некоторые возможные механизмы динамики ферментативной активности как катализатора биохимических процессов в почве. При воздействии на почвы неблагоприятных внешних факторов микробиологическая активность может подавляться, однако при этом ферментативная активность сохраняется на значительном уровне благодаря устойчивости иммобилизованной части почвенных ферментов, что обеспечивает поддержание биохимического гомеостаза в почве.

Ключевые слова: почвенные ферменты, биохимический гомеостаз, экологические факторы

THE ROLE OF ENZYMATIC ACTIVITY IN BIOCHEMICAL HOMEOSTASIS IN SOIL

Khaziev F.Kh.

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre of
the Russian Academy of Sciences, Ufa
E-mail: bashbal@mail.ru

Under certain stationary conditions, the biochemical processes in the soil are maintained within a certain dynamic equilibrium. In this, an important role is played by the presence in the soil and the activity of a diverse and rich enzyme pool. In a brief review, some possible mechanisms of the dynamics of enzymatic activity as a catalyst of biochemical processes in the soil are considered. When adverse external factors affect the soil, the microbiological activity can be suppressed, however, the enzymatic activity remains at a significant level due to the stability of the immobilized part of soil enzymes, which ensures the maintenance of biochemical homeostasis in the soil.

Keywords: soil enzymes, biochemical homeostasis, environmental factors

Поступила в редакцию: 28.06.2019

DOI: 10.31163/2618-964X-2019-2-3-230-233

Общим законом функционирования природных экосистем является стремление к гомеостазу. Среди наземных экосистем почва представляет собой самую сложную открытую систему. Несмотря на очень большую гетерогенность, в почве, особенно в рамках типовых уровней, поддерживается довольно стабильный гомеостаз – определенное содержание органического вещества (гумуса, полисахаридов, аминокислот, ферментов, витаминов), уровень биологической активности, значение pH, содержание подвижных форм элементов, физические свойства и т.д.

Почвы обладают высокой буферностью и изменяющиеся их свойства под воздействием каких-либо факторов после их устранения возвращаются в характерное для них устойчивое состояние. Однако, как у любой биологической системы, у почвы не может быть абсолютной стабилизации параметров состояния. Они удерживаются в определенных пределах при непрерывном колебательном изменении вокруг точек равновесия. Поэтому, очевидно, правильнее говорить не о гомеостазе, а о гомеокинезе почвы, т.е. о динамическом равновесии. Во всех этих процессах гомеокинеза важная роль принадлежит микроорганизмам [Звягинцев, 1978] и тесно связанными с ними различным биохимическим процессам, главным образом, связанным с биогенезом гумуса. Важным фактором в этом является наличие в почве и активность разнообразного и богатого ферментного пула.

Известно, что с действием ферментов связано как начальное деструктивное превращение органических остатков, так и трансформация их в гумус. Эти два важнейших биохимических процесса, включая и третий — дальнейшее превращение гумусовых веществ по пути минерализации, обеспечивают эволюцию почвы и поддерживают ее в состоянии гомеостаза в пределах стационарных условий экосистемы. Именно ферментный пул системы «микроорганизмы–почва» помогает сохранять биохимический гомеостаз в почве [Звягинцев, 1978]. Ферментный пул почвенной экосистемы представлен внеклеточными иммобилизованными на органоинеральных комплексах почвы ферментами, внеклеточными несвязанными и внутриклеточными ферментами активных микроорганизмов [Skujins, 1976]. Наиболее динамичной является часть ферментного пула, связанная с живыми клетками микроорганизмов. Ферментный пул почвы может быстро увеличиваться за счет размножения микроорганизмов при создающихся благоприятных условиях и/или их метаболического отклика выделением внеклеточных ферментов при поступлении в почву различных органических соединений в качестве субстрата для фермента (субстратное индуцирование). В различных исследованиях установлено, что при поступлении в почву богатых азотом органических соединений активизируется протеолитическая система почвы [Хазиев, Агафарова, 1977], целлюлоза индуцирует рост целлюлазной активности [Ambroz, 1973; Nakoi, Ndakidemi, 2008], декстраны повышают активность декстраназы [Dragan-Bularda, Kiss, 1975], фосфорорганические соединения активизируют действие фосфогидролаз [Котелев, 1964; Хазиев, 1982; Nakoi, Ndakidemi, 2008], фенолсодержащие соединения индуцируют накопление фенолоксидаз [Щербакова, 1983]. Метаболический отклик у микроорганизмов и корней растений с выделением внеклеточных ферментов происходит и на недостаточное содержание доступных минеральных соединений, особенно фосфора и азота [Хазиев, 1982; Das, Varma, 2011; Nannipieri et al, 2014]. Повышение ферментативной активности обычно сопровождается ростом общей численности микроорганизмов, особенно тех групп, которые приспособлены к продуцированию соответствующих ферментов [Das, Varma, 2011]. За счет внеклеточных ферментов и размножения микроорганизмов, вносящих свой вклад в растущий пул ферментов, система микроорганизмы—почва может очень быстро повысить определенную ферментативную активность и таким образом вернуть систему в состояние гомеостаза, если оно нарушено под действием внешних факторов, например, поступлением органических веществ, удобрений и других соединений. Однако, так как в ферментном пуле почвы преобладают иммобилизованные ферменты, в стационарных условиях в пределах данной почвенной экосистемы ферментативная активность остается относительно постоянной, и такая стабильность ее характеризует состояние экосистемы [Dick, 2000].

Ферменты системы микроорганизмы–почва играют, очевидно, важную роль при сохранении биохимического равновесия в почве и в условиях различных загрязнений почвы поступлением пестицидов, промышленных (нефтепродукты, тяжелые металлы) и сельскохозяйственных отходов. Гомеостатичность почвы против действия экзогенных ингредиентов связана с общей биологической активностью, содержанием гумуса и буферностью почвы. Большинство пестицидов, нефтепродуктов в почве разрушается под действием микроорганизмов и ферментов. Происходящие при этом в почве модификации микробиологической и ферментативной активности со временем восстанавливаются. В исследованиях динамики ферментативной активности почв при нефтяном загрязнении также показано, что, хотя сырая нефть, нефтепродукты и нефтепромысловые воды подавляют микробиологическую и ферментативную почвы, однако в последующем в процессе самоочищения почвы и активизации разложения нефти внесением стимулирующих веществ

и биопрепаратов микробиологическая и ферментативная активность почвы восстанавливается [Киреева, 1994; Новоселова, 2008]. Наиболее активными химическими соединениями, поступающими в больших масштабах в почву, являются пестициды, действие которых на ферментативную активность почвы не однозначно, в большинстве случаев ферментный пул почвы более устойчив, чем микробиологическая активность.

Поддержание биохимического гомеостаза в почвах богатых микроорганизмами с высокой ферментативной активностью и большой буферностью (например, в черноземах) осуществляется за счет имеющегося пула иммобилизованных ферментов без резкого возрастания общего количества микроорганизмов. В биологически малоактивных почвах этот процесс осуществляется в основном путем создания заново пула микроорганизмов и ферментов [Звягинцев, 1978].

Значение ферментативной активности в биохимическом гомеостазе почв проявляется и в том, что ферменты играют существенную роль в почвенном метаболизме в условиях, неблагоприятных для жизнедеятельности микроорганизмов. Основными экологическими факторами, регулирующими деятельность микроорганизмов, равно как и активность почвенных ферментов, являются влажность, температура, рН, присутствующие в среде различные соединения, играющие трофическую роль для микроорганизмов и роль активаторов или ингибиторов ферментов. Почвенные ферменты проявляют необычайную устойчивость к неблагоприятным условиям, как иммобилизованные ферменты в целом [Алиев, Звягинцев, 1976; Kiss, Dragan-Bularda, Radulescu, 1975]. В случае, когда окружающие условия неблагоприятны для жизнедеятельности микроорганизмов, метаболизм почвы может остаться в известной мере неизменным благодаря внеклеточной ферментативной активности. Это показано в различных исследованиях. Так, каталаза, протеолитические ферменты и некоторые другие гидролазы сохраняют свою активность при уровне влажности почвы 5-10% от полной влагоемкости, когда как в этих условиях микроорганизмы прекращают жизнедеятельность [Мишустин, 1972; Галстян, 1974]. Избыточное увлажнение почвы также оказывает отрицательное влияние на почвенный метаболизм. Однако, хотя в затопленных почвах микробиологическая деятельность резко редуцируется [Илялетдинов, 1974], ферментативная активность изменяется незначительно [Галстян, 1974].

Почвенные ферменты отличаются большой термоустойчивостью. Как при высушивании, так и при пониженных значениях температуры (при которых микробиологическая жизнь почвы практически прекращается), почвенная ферментативная активность стабильно сохраняется и существенно разрушается лишь при температурах, превышающих 100 °С [Галстян, 1974; Zantua, Bremner, 1977]. В замороженных почвах потенциальная ферментативная активность остается на близком к исходному уровню [Хазиев, 1977; Ross, 1965], актуальная активность, хотя и на сильно редуцированном уровне, обнаруживается даже при минусовой температуре [Хазиев, 1977]. Установлено, что почвы, погребенные под льдом в Аляске, находившиеся в течение сотен и тысяч лет при отрицательных температурах, проявили ферментативную активность, когда как активная микрофлора не обнаруживалась [Kiss, Dragan-Bularda, Radulescu, 1975].

Таким образом, приведенная информация подтверждает роль почвенных ферментов в биохимическом гомеостазе почвы и этот феномен представляет интерес при выработке стратегии управления ферментативной активностью как важнейшего показателя плодородия и здоровья почвы.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190102-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев Р.А., Звягинцев Д.Г. Влияние предварительной температурной обработки на ферментативную активность почв // Биол. науки. 1976. № 3. С. 106-113.
2. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван: Айастан, 1974. 275 с.
3. Звягинцев Д.Г. Основные принципы функционирования комплекса почвенных микробов // Проблемы почвоведения. М. Наука, 1978. С. 97-102.
4. Илялетдинов А.Н. Микробиологические превращения азотсодержащих соединений в почве. Алма-Ата: Наука, 1976, 284 с.
5. Киреева Н.А. Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах. Уфа, 1994. 171 с.
6. Котелев В.В. Роль микроорганизмов в разложении органических фосфатов и передвижении фосфора в почве. Автореф. дис. докт. биол. наук. М.: Инст-т микробиол. АН СССР, 1964. 27 с.
7. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. 32 с.
8. Новоселова Е.И. Экологические аспекты трансформации ферментного пула почвы при нефтяном загрязнении и рекультивации. Автореф. дисс. докт. биол. наук. Воронеж. 2008. 42с
9. Хазиев Ф.Х. Особенности динамики ферментативной активности черноземов в Предуралье // Почвоведение. 1977. № 10. С. 114-125.
10. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 204 с.
11. Щербаклова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. Минск: Наука и техника, 1983. 221 с.
12. Ambroz Z. K poznani cellulazoveho komplexu v pudach // Rostlina vyroba. 1973. roc. 19. с. 2. S. 207-208.
13. Das Sh.K., Varma A. Role of Enzymes in maintaining soil Health // Soil Enzymology. V. 22, Springer-Verlag, Berlin. 2011. P. 25-42.
14. Dick R.P. Soil enzyme stability as an ecosystem indicator // Proc.U.S. Environmental Protec. Agence. 2000. P. 39.
15. Dragan-Bularda M., Kiss S. Dextranase activity in soil // Soil Biol. Biochem. 1972. V 4. N 4. P. 413-416.
16. Kiss S., Dragan-Bularda M., Raduiescu D. Biological significance of enzymes accumulated in soil // Adv. Agronomy. 1975. V. 27. P. 25-87
17. Makoi J.H., Ndakidemi P.T. Selected soil enzymes: Examples of their potential roles in the ecosystem // African Jour. Biotech. // 2008. V. 7. N 3. P. 181-191.
18. Nannipieri P., Giagnoni I., Landi I. Role of phosphatase Enzymes in soil // Soil Biology. 2014. V.26. Springer-Verlag. Berlin. P. 57-90.
19. Ross D.J. Effects of air-dry, refrigerated and frozen storage on activities of enzymes hydrolyzing sucrose and starch in soil // J. Soil Sci. 1965. V. 16. N 1. P. 86-94.
20. Skujins J.J. Extracellular enzymes in Soil // CRC. Crit. Rev. Microbiol. 1976. V. 4. P. 383-421.
21. Zantua M.J., Bremner J.M. Stability of urease in soils. // Soil Biol. Biochem. 1977. V. 9. P.135-140.