

## ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

**Куликова Алевтина Христофоровна<sup>1</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

**Антонова Светлана Александровна<sup>1</sup>**, аспирант кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»

**Козлов Андрей Владимирович<sup>2</sup>**, кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторным комплексом «Эколого-аналитическая лаборатория мониторинга и защиты окружающей среды»

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый венец, 1; тел.: 8(422)55-95-68; e-mail: agroec@yandex.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Нижегородский ГПУ им. К. Минина

603950, г. Нижний Новгород, улица Ульянова, 1; тел.: 8 (831)439-00-79; e-mail: a\_v\_kozlov@mail.ru

**Ключевые слова:** чернозем типичный, ферментативная активность почвы, минеральные удобрения, солома, биопрепарат.

В полевых экспериментах изучено влияние систем удобрения с использованием соломы, минеральных удобрений и биологического препарата Байкал ЭМ-1 на ферментативную активность чернозема типичного. Схема опытов включала 12 вариантов, общая площадь делянок – 120 м<sup>2</sup> (6х20), учетная – 72 м<sup>2</sup> (4х18), размещение их рендомизированное, повторность четырехкратная. По результатам проведенных опытов установлено, что применение соломы совместно с дополнительной дозой азота 10 кг на 1 тонну соломы и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 способствовало повышению активности уреазы, фосфатазы, а также инвертазы как при применении в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений. При этом в среднем за 3 года активность уреазы по отношению к контролю повышалась от 1,9 до 2,4, фосфатазы – от 1,8 до 2,3 и инвертазы – от 2,3 до 3,0 раз. Последнее, несомненно, свидетельствует о том, что для активизации процессов разложения соломы и улучшения питательного режима почвы необходимо использовать дополнительные источники азота не менее 10 кг N/т соломы и биологические препараты, в данном случае Байкал ЭМ-1, имеющий многокомпонентный состав полезных микроорганизмов.

### Введение

Ферменты – биологические катализаторы белковой природы, которые играют важнейшую роль в обмене веществ, регулируя биохимические процессы в почве. Они синтезируются микрофлорой, высшими растениями и поступают в почву с их прижизненными выделениями, а также после отмирания и лизиса микробных и растительных остатков.

Функциональная роль ферментов как катализаторов материально-энергетического обмена в почве и в почвенных процессах огромна. В почве присутствуют и функционируют системы ферментов, последовательно осуществляющие биохимические реакции, выполняющие покомпонентные и энергетические обмены, в основе которых лежат все процессы синтеза и превращения веществ. Важная роль ферментов в почве заключается в том, что они осуществляют функциональные связи между звеньями экосистемы [1, 2]. Выполняя ведущую роль в процессах трансформации органических веществ, они являются чувствительными индикаторами на воздействие разных факторов почвообразо-

вания, а также на изменение условий функционирования как естественных биоценозов, так и агроэкосистем [3].

Следует отметить, что ферменты почвенных микроорганизмов в процессе иммобилизации на продолжительное время сохраняют свою активность и, принимая участие в синтезе и распаде гумуса, гидролизе органических соединений, остатков высших растений и микроорганизмов, способствуют переводу элементов питания в доступное состояние [4].

По типу катализируемых реакций все известные ферменты делятся на 6 классов, катализирующие:

- окислительно-восстановительные реакции (оксидоредуктазы);
- реакции гидролитического расщепления внутримолекулярных связей в различных соединениях (гидролазы);
- реакции межмолекулярного и внутримолекулярного переноса химической группы и остатков с одновременным переносом энергии, заключенной в химических связях (трансферазы);

– реакции соединения двух молекул, сопряжены с расщеплением пирофосфатных связей АТФ или другого аналогичного трифосфата (лигазы);

– реакции гидролитического отщепления или присоединения различных химических соединений по двойным связям (лиазы);

– реакции превращения органических соединений в их изомеры (изомеразы).

В почвенной биодинамике ведущую роль играют оксидоредуктазы, характеризующие окислительно-восстановительные условия в почве, и гидролазы, определяющие интенсивность процессов минерализации органических веществ, в состав которых входят важнейшие питательные элементы: азот, фосфор, сера и некоторые другие.

В связи с вышеизложенным целью наших исследований являлось изучение ферментативной активности чернозема типичного среднесуглинистого в зависимости от системы удобрения, которая является ведущим фактором регулирования биологических свойств и питательно-го режима почвы.

#### **Объекты и методы исследований**

Исследования проведены на базе стационарного опыта кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, внесенного в Государственный реестр длительных опытов Российской Федерации (аттестат № 122). Схема опыта включала следующие варианты с применением в системе удобрения соломы, минеральных удобрений и биологического препарата Байкал ЭМ-1 в пятипольном севообороте зерновой специализации: пар сидеральный ( викоовсяная смесь) – озимая пшеница – просо – яровая пшеница – ячмень: 1. Без удобрений (абсолютный контроль); 2. Солома предшественника; 3. Солома + 10 кг N д.в. на т соломы; 4. Солома + биопрепарат; 5. Солома + 10 кг N/т соломы + биопрепарат; 6. Биопрепарат; 7.  $N_{129}P_{34}K_{54}$  (NPK); 8. NPK + Солома; 9. NPK + Солома + 10 кг N/т соломы; 10. NPK + Солома + биопрепарат; 11. NPK + Солома + 10 кг N/т соломы + биопрепарат; 12. NPK + биопрепарат.

Посевная площадь делянки – 120 м<sup>2</sup> (6х20), учетная – 72 м<sup>2</sup> (4х18), расположение делянок рендомизированное, повторность четырехкратная, аналитическая – трёхкратная. Дополнительный азот в дозе 10 кг д.в. на 1 тонну соломы и биологический препарат Байкал ЭМ-1 в систему удобрения введены для ускорения процессов трансформации соломы в почве.

Почва опытного поля – чернозём типич-

ный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,7 %, подвижных соединений фосфора и калия (по Чирикову) – 185 и 196 мг/100 г соответственно, рН<sub>ксл</sub> 6,4. Таким образом, почва опытного поля характеризуется достаточно благоприятными агрохимическими показателями.

Организация полевых опытов, наблюдений и лабораторных анализов проведены по общепринятым методам и соответствующим ГОСТам в испытательной лаборатории «Ульяновская ГСХА» (№ РОСС RU. 0001515748), в том числе активность инвертазы по методу Купревича В.Ф., фосфатазы – по методу Хазиева Ф.Х., уреазы – по методу Галстяна А.Ш. [4; 5; 6].

Ферментативная активность почвы определялась в образцах почвы, отобранных за 3 года (2014–2016 гг.) из-под посевов проса.

#### **Результаты исследований**

На уровень ферментативной активности почв в значительной степени влияет внесение удобрений под посевы возделываемых культур. Известно, что при поступлении в почву соломы с компенсирующей дозой минерального азота в ней активизируются протеолитическая и целлюлозолитическая ферментные системы почвы, а фосфорорганические соединения усиливают действие фосфогидролаз [7]. Внесение в почву соломы пшеничной без добавления азота способствовало существенному увеличению уреазной активности. При этом с добавлением азота показатели возрастали в 1,5 и более раз. Наименьшую активность ферментов наблюдали при инкубации почвы без внесения органических удобрений [8]. Динамика инвертазной активности определялась в первую очередь содержанием сахаров и инвертазы в самом органическом субстрате. При разложении соломы злаковых культур и гороха отмечалось увеличение активности инвертазы [9].

Внесенные в почву солома и стебли сельскохозяйственных культур существенно повышают активность ферментов, которые чувствительно реагируют на изменение биохимической обстановки почвы и поддерживают высокий уровень активности на протяжении 3–4 лет [10].

Для выявления особенностей азотного обмена нами был изучен фермент уреазы (карбамид-амидогидролаза – НКФ 3.5.1.5), с действием которого связаны процессы гидролиза и превращения в доступную форму азота мочевины. Последняя в значительных количествах может образоваться в почвах при внесении растительных остатков в качестве промежуточных

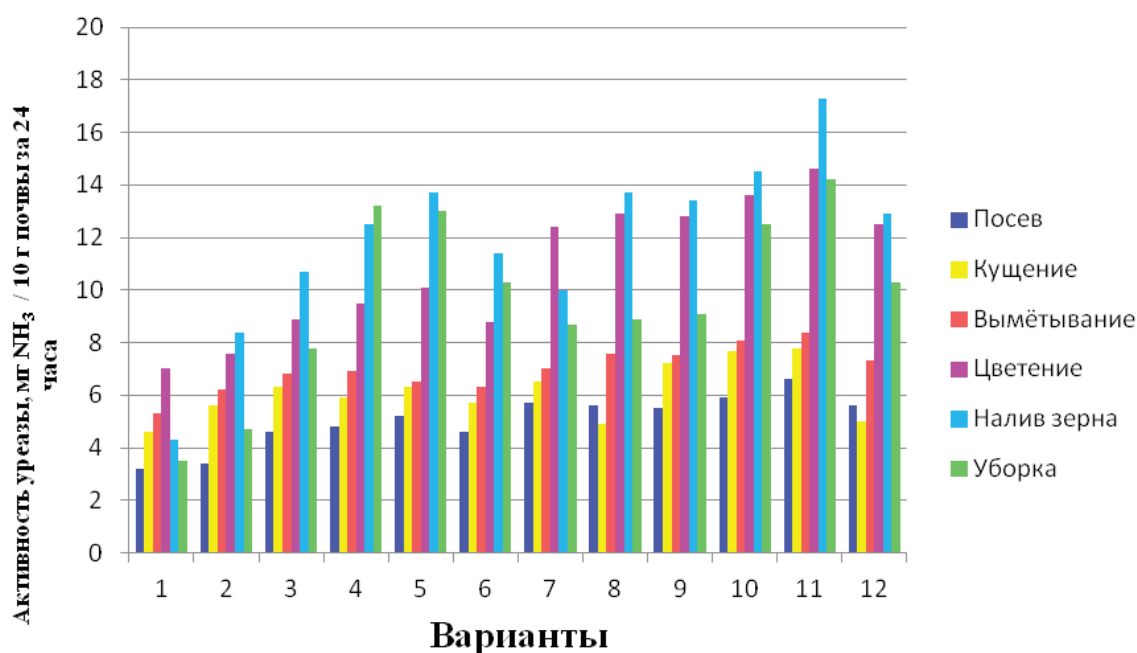


Рис. 1 – Динамика активности уреазы в почве (в среднем за 2014-2016 гг.)

продуктов метаболизма азоторганических соединений, особенно азотистых оснований нуклеиновых кислот [1].

Исследования показали, что активность уреазы под посевами проса в зависимости от вносимых удобрений неодинакова и характеризуется по шкале Д.Г. Звягинцева (1978) как низкая и средняя (рис. 1). Минимальная активность ее отмечена на контрольном варианте, что объясняется недостаточным поступлением в почву органического вещества, которое является и источником фермента.

При внесении соломы показатели изучаемого фермента постепенно повышались с начала вегетации до фазы цветения с 3,4 до 8,4 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы за 24 часа, что может быть обусловлено интенсивной микробиологической деятельностью, усиливающейся к концу вегетации (август).

Применение биопрепарата Байкал ЭМ-1 в совокупности с соломой способствовало повышению уреазной активности во все фазы развития культуры, в то время как солома в отдельности в этом отношении значительно уступала [11]. Аналогичная тенденция просматривается на варианте с применением дополнительной дозы азота N<sub>10</sub> совместно с соломой, где активность изучаемого фермента наблюдалась на уровне 4,6–10,7 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы за 24 часа.

При совместном применении соломы, дополнительной дозы азота и препарата Байкал ЭМ-1 активность уреазы была выше контроля на

4,4 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы, отдельно соломы – на 3,1 мг, соломы и N<sub>10</sub> – 1,6 мг, биопрепарата Байкал ЭМ-1 – 1,2 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы за 24 часа. Усилению уреазной активности чернозёма типичного способствовало разложение растительных остатков озимой пшеницы и накопление элементов питания в почве.

В течение всего периода вегетации и среднем за 3 года исследований (таблица 1) минеральные удобрения оказывали положительное влияние на активность уреазы, и максимальные значения её наблюдались на вариантах с применением соломы, дополнительной дозы азота и биопрепарата Байкал ЭМ-1, что на фоне НРК было выше контроля на 6,8 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы за 24 часа, варианта с использованием соломы в чистом виде – на 5,5 мг, обработкой отдельно Байкалом ЭМ-1 – на 3,6 мг, внесение соломы совместно с азотным удобрением – 4 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы за 24 часа.

На варианте с применением только НРК активность уреазы оказалась несколько ниже варианта совместного использования соломы и биопрепарата на 0,4 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы за 24 часа, а также совместного внесения соломы с дополнительной дозой азота и препарата Байкал ЭМ-1 – на 0,7 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы за 24 часа. Минимальную активность фермента на варианте с применением минеральных удобрений по сравнению с органическими удобрениями отмечают также в своих работах Конышева Е.Н. и Коротченко И.С. [12].

Таблица 1

Активность ферментов в почве в зависимости от системы удобрения в среднем за 2014–2016 гг.

Вариант	Уреаза, мг $\text{NH}_3$ /10 г почвы	Фосфатаза, мг $\text{P}_2\text{O}_5$ /1 г почвы	Инвертаза, мг глюкозы/1 г почвы
1. Без удобрений	4,7	2,5	11,3
2. Солома предшественника	6,0	3,2	12,8
3. Солома + 10 кг N/ т соломы	7,5	3,6	21,3
4. Солома + биопрепарат (Байкал ЭМ-1)	8,8	3,5	23,2
5. Солома + 10 кг N/т соломы + биопрепарат	9,1	4,4	25,5
6. Биопрепарат	7,9	3,6	19,8
7. $\text{N}_{129}\text{P}_{34}\text{K}_{54}$	8,4	3,6	22,6
8. $\text{N}_{129}\text{P}_{34}\text{K}_{54}$ + солома	9,0	4,4	26,8
9. $\text{N}_{129}\text{P}_{34}\text{K}_{54}$ + солома + 10 кгN/ т соломы	9,3	4,7	28,3
10. $\text{N}_{129}\text{P}_{34}\text{K}_{54}$ + солома + биопрепарат	10,4	5,2	28,6
11. $\text{N}_{129}\text{P}_{34}\text{K}_{54}$ + солома + 10 кг N/ т соломы + биопрепарат	11,5	5,8	34,4
12. $\text{N}_{129}\text{P}_{34}\text{K}_{54}$ + биопрепарат	8,9	4,0	24,5
HCP <sub>05</sub>	Фактор А (солома)	1,0	0,3
	Фактор В (NPK)	1,1	0,3
	Фактор С (биопрепарат)	1,2	0,4

К концу вегетационного периода проса сезонная активность фермента снижалась незначительно, что, вероятно, обусловлено накоплением в почве органических соединений, способствующих не только продуцированию ферментов, но и их сохранению в почве [13].

В целом, обобщая результаты исследований за 3 года, следует отметить, что значительно более высокая активность уреазы наблюдалась при совместном применении соломы с дополнительной дозой азота (в наших опытах 10 кг га 1 тонну соломы) и биологическим препаратом Байкал ЭМ-1, имеющим многокомпонентный состав полезных микроорганизмов. При этом активность уреазы усиливалась в 1,9 раза на варианте без удобрений и в 2,4 раза на фоне NPK. Последнее, несомненно, свидетельствует о том, что во избежание иммобилизации азота почвы в первый год внесения соломы в нее и возможного снижения урожайности удобряемой культуры необходимо использовать дополнительный азот и биологические препараты, ускоряющие разложение соломы и значительно активизирующие при этом ферментные системы почвы.

Важную роль в обеспечении растений

элементами минерального питания играет фосфатаза – фермент, отвечающий за минерализацию органического фосфора.

Фосфор – один из важнейших элементов питания, необходимых для роста и развития живых организмов. Значительная часть фосфорного фонда почв, и в особенности Черноземной зоны, представлена фосфорорганическими соединениями. Обогащенность почвы подвижными фосфатами зависит от интенсивности минерализации данных органических компонентов. О потенциальной интенсивности и направленности процессов биохимической мобилизации фосфора в почве можно судить по уровню активности фосфатазы [14].

Фосфатазы (фосфогидролазы, фосфорилазы – НКФ 3.1.3.17) – достаточно обширная группа ферментов, относящихся к классу гидролаз, биохимическое действие которых направлено на гидролиз разнообразных фосфорорганических соединений по фосфоэфирным связям. Данный ферментный комплекс выделяется большинством почвообитающих бактерий как литотрофного, так и органотрофного типов питания. В результате данных процессов происходит отще-

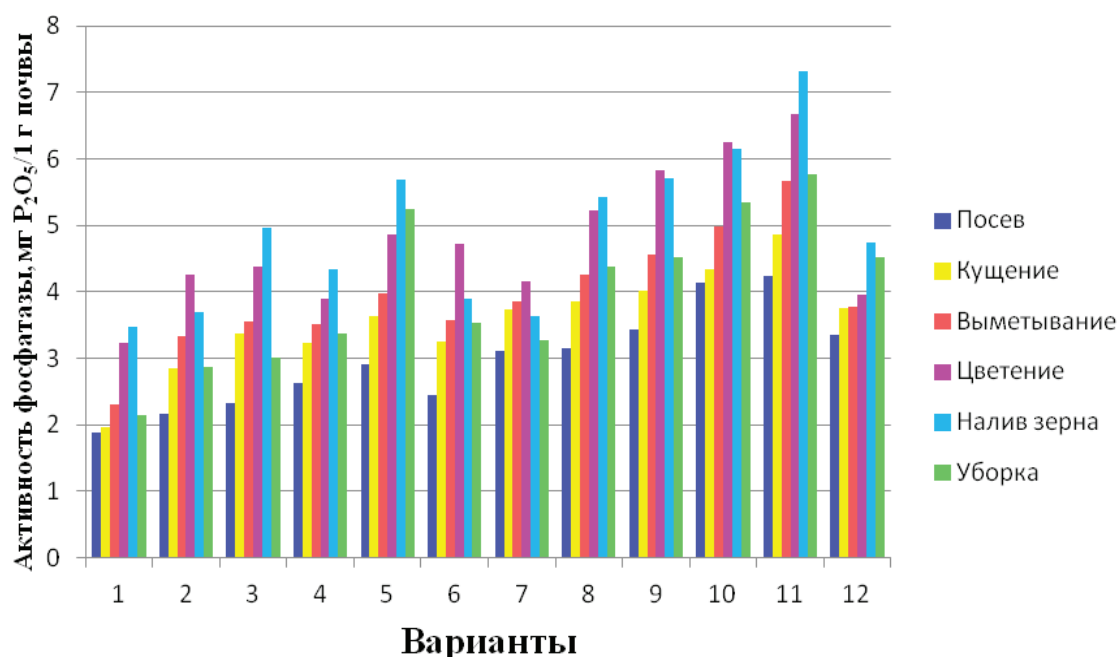


Рис. 2 – Динамика активности фосфатазы в почве (в среднем за 2014-2016 гг.)

пление остатков фосфорной кислоты, и фосфор органических радикалов переходит в свободное состояние. В почвах обнаружены различные фосфогидролазы: группа кислых и щелочных фосфатаз, гидролизующих моноэфиры фосфорной кислоты (глицерофосфаты, сахарофосфаты и т. д.); фитазы – особая специфическая группа, отщепляющая остатки фосфорной кислоты от фитина; группа нуклеаз (дезоксирибонуклеазы, рибонуклеазы), которые катализируют реакции деполимеризации нуклеиновых кислот.

Почва под просом характеризовалась высокой ферментативной активностью по шкале Д.Г. Звягинцева (рис. 2). В среднем за 3 года в период вегетации гидролиз фосфорсодержащих органических соединений протекал интенсивнее после внесения соломы совместно с дополнительной дозой азота и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 (4,4 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы). Более низкая активность фосфатазы наблюдалась на контрольном варианте (2,5 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы), что связано с недостаточным поступлением органического вещества в почву и относительно низкой гумусированностью самой почвы.

При внесении в пахотный слой растительных остатков активность фосфатазы увеличивалась и составила: соломы 3,2 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, соломы с  $N_{10}$  3,6 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, соломы с препаратом Байкал ЭМ-1 3,5 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, соломы в комплексе с дополнительной дозой азота, биопрепаратом 4,4 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы. Можно отметить, что при усилении азотного питания дозой 10 кг на 1 т соломы активность фосфата-

зы увеличивалась, что является положительным моментом с точки зрения улучшения фосфорного питания культуры.

Внесение минеральных удобрений совместно с соломой дало более выраженный эффект, чем их использование по отдельности. При этом на варианте с NPK активность фосфатазы по отношению к контролю повысилась на 3,6 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, NPK с соломой – 1,9, NPK в комплексе с соломой и  $N_{10}$  – 2,2 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы, NPK в комплексе с соломой и Байкалом ЭМ-1 – 2,7 мг  $P_2O_5$ /1 г,  $N_{10}$  и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – 3,3 мг  $P_2O_5$ /1 г почвы. Усиление процессов минерализации фосфорсодержащих соединений на фоне NPK наблюдалось при внесении в почву дополнительной дозы азота и препарата Байкал ЭМ-1, вследствие усиления процессов трансформации в ней органического вещества.

Инвертаза ( $\beta$ -D-Фруктофуранозид-фруктогидролаза, сахараза – НКФ 3.2.1.26) – один из наиболее активных в почве ферментов группы глюкозидгидролаз, который катализирует гидролиз ди-, три- и полисахаридов по глюкозидным связям в их молекулах, а также запускает иные фруктотрансферазные реакции.

Инвертаза участвует в биохимических превращениях углеводов, которые содержатся в почвенном органическом веществе, микроорганизмах и растениях в значительном количестве. Как правило, чем выше содержание в почве органического вещества, тем выше активность инвертазы [6].

Исследования свидетельствуют о повыше-



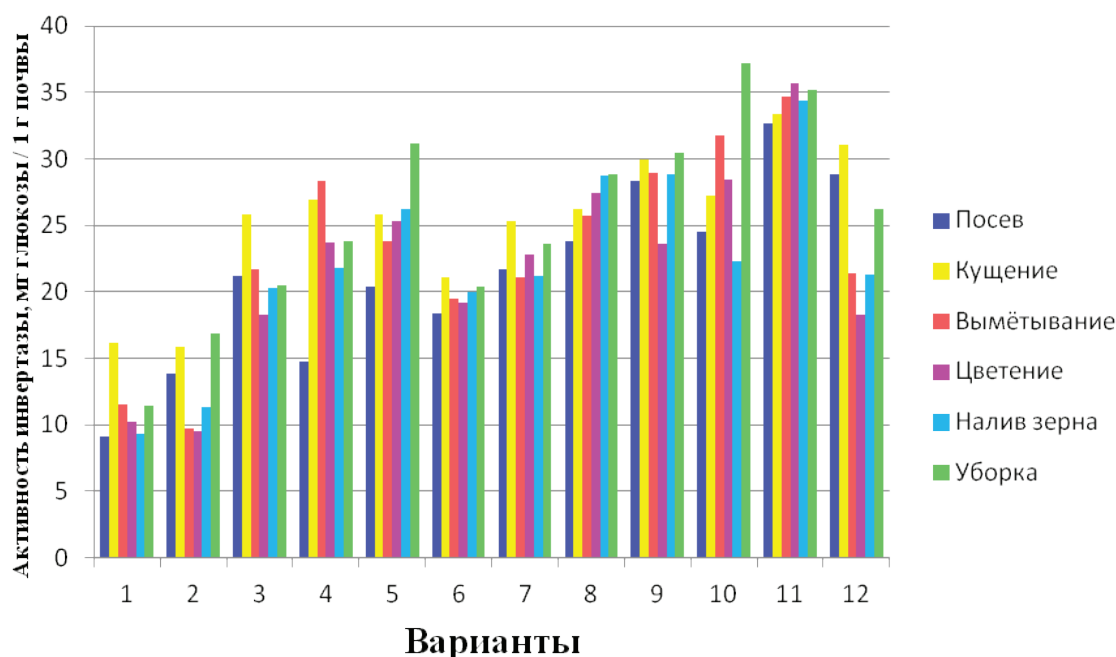


Рис. 3 – Динамика активности инвертазы в почве (в среднем за 2014-2016 гг.)

нии инвертазной активности почвенной микрофлоры в фазу кущения проса на всех вариантах опыта. При этом наиболее низкие показатели на данной стадии развития культуры были отмечены авторами на варианте с применением соломы в сравнении с контролем, что говорит о медленном процессе утилизации сложных углеводов почвенными микроорганизмами [15].

В наших опытах увеличение инвертазной активности в почве наблюдалось в фазу вымётывания метелки проса на следующих вариантах: солома в сочетании с препаратом Байкал ЭМ-1 (28,3 мг глюкозы/1 г почвы); солома в комплексе с препаратом Байкал ЭМ-1 и минеральными удобрениями (31,8 мг глюкозы/1 г почвы); солома с препаратом Байкал ЭМ-1, NPK и дополнительной дозой азота (34,7 мг глюкозы/1 г почвы). Очевидно, что фактором увеличения активности фермента инвертазы стало внесение в почву растительных остатков, обработанных биологическим препаратом, способствующим её разрыхлению, улучшению структуры и водопроницаемости пахотного слоя (рис. 3).

В фазу цветения повышение инвертазной активности отмечалось на варианте с применением соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и N<sub>10</sub> (25,3 мг глюкозы/1 г почвы), а также на аналогичном варианте совместно с NPK (35,7 мг глюкозы/1 г почвы). Данный факт характеризует усиление интенсивности биологических процессов трансформации углеводсодержащих веществ при снижении соотношения между углеродом и азотом.

К уборке проса активность инвертазы увеличилась на всех вариантах опыта. Отмирание корневой массы озимой пшеницы (предшественника) и растительных остатков культуры в качестве органического удобрения под посевами проса способствовало формированию благоприятных агрофизических свойств почвы, что усилило процессы превращения углеводов, и возрастанию активности инвертазы по отношению к контролю, в частности на варианте с применением соломы оно составило 1,5 мг глюкозы/1 г почвы, на варианте совместного применения соломы, N<sub>10</sub> и Байкала ЭМ-1 – 14,2 мг глюкозы/1 г почвы.

На варианте с NPK по результатам 3 лет отмечалась более низкая активность инвертазы (22,6 мг глюкозы/1 г почвы) по отношению к вариантам с использованием соломы, что предположительно связано с относительным уплотнением почвы, которое, в свою очередь, приводит к ухудшению снабжения почвы кислородом и изолированию питательных веществ от корневых систем растений [16].

### Выводы

Таким образом, изучение ферментативной активности чернозема типичного в зависимости от систем удобрения при возделывании проса показало, что применение соломы, минеральных удобрений и биологического препарата Байкал ЭМ-1 оказывает значительное влияние на состояние ферментных систем в почве. При этом наиболее высокая активность всех изученных ферментов наблюдалась на варианте с при-

менением соломы с дополнительным азотом в дозе 10 кг на 1 тонну соломы и биопрепарата. В среднем за три года исследований активность уреазы по отношению к контролю повышалась от 1,9 до 2,4, фосфатазы – от 1,8 до 2,3 и инвертазы – от 2,3 до 3,0 раз. Последнее, несомненно, обусловлено и свидетельствует о том, что для активизации процессов разложения соломы при внесении ее в качестве удобрения и улучшения питательного режима почвы под посевами первой удобряемой культуры необходимо использовать дополнительные источники азота не менее 10 кг на 1 тонну соломы и биологические препараты (в данном случае Байкал ЭМ-1), имеющие многокомпонентный состав полезных микроорганизмов.

### Библиографический список

1. Тах, И.П. Ферментативная активность различных типов почв лесостепного пояса в условиях западного Кавказа / И.П. Тах, А.Х. Агиров // Новые технологии. – 2009. – № 4. – С. 1-7.
2. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т.А. Щербакова. – Минск, 1983. – 222 с.
3. Алексеева, А.А. Ферментативная активность почв лесных питомников лесостепной зоны Красноярского края / А.А. Алексеева, Н.В. Фомина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – № 12. – С.70-75.
4. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
5. Девятова, Т.А. Биодиагностика почв / Т.А. Девятова, Т.Н. Крамарева. – Воронеж: ВГУ, 2008. – 140 с.
6. Купревич, В.Ф. Почвенная энзимология / В.Ф. Купревич, Т.А. Щербакова. – Минск: «Наука и техника», 1966. – 274 с.
7. Намжилов, Н.Б. Влияние органических удобрений на восстановление плодородия дефлированных почв Бурятии / Н.Б. Намжилов, Г.Д. Чимитдоржиева, Ю.Б. Цыбенков // Почвоведение. – 2003. – № 6. – С. 21.
8. Сергеев, В.С. Влияние растительных остатков на показатели почвенного плодородия / В.С. Сергеев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 9. – С. 28-34.
9. Кравченко, Р.В. Растительные остатки и плодородие почв / Р.В. Кравченко, М.Т. Куприченков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 79. – С. 1-10.
10. Нарушева, Е.А. Изменение биологической активности чернозема выщелоченного при возделывании гречихи в среднем Поволжье / Е.А. Нарушева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – Том 88, № 2. – С. 12-16.
11. Барайщук, Г.В. Влияние биологически активных препаратов на микрофлору в почве питомников / Г.В. Барайщук, О.Ф. Хамова // До-стижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 18-21.
12. Конышева, Е.Н. Влияние тяжелых металлов и их детоксикантов на ферментативную активность почв / Е.Н. Конышева, И.С. Коротченко // Вестник КрасГАУ. – 2011. – №1. – С. 114-119.
13. Безуглова, О.С. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) / О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко, А.В. Горовцов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4. – С. 11-14.
14. Хазиев, Ф.Х. Системный экологический анализ ферментативной активности почв / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1982. – 202 с.
15. Хазиев, Ф.Х. Ферментативная активность почв агроценозов и перспективы ее изучения / Ф.Х. Хазиев, А.Е. Гулько // Почвоведение. – 1991. – № 8. – С. 88-103.
16. Щербаков, А.П. Агроэкологический мониторинг. Влияние удобрений на структуру комплекса микромицетов чернозема / А.П. Щербаков, И.Д. Свистова, Н.В. Малыхина // Вестник ВГУ. – 2001. – № 2. – С. 168-171.
17. Зайцева, О.В. Динамика целлюлозо-разлагающей, инвертазной и полифенолоксидазной активностей почвенной микрофлоры Самарской области / О.В. Зайцева, Е.В. Максимова, О.Н. Макурина // Вестник Самарского государственного университета. – 2006. – № 9. – С. 138-144.
18. Улигова, Т.С. Ферментативная активность различных типов почв степной зоны и лесостепного пояса в условиях Центрального Кавказа / Т.С. Улигова, Ф.В. Хежева // Новые технологии. – 2009. – № 2. – С. 1-5.

## SOIL ENZYME ACTIVITY DEPENDING ON FERTILIZER SYSTEM

Kulikova A. X.<sup>1</sup>, Antonova S. A.<sup>1</sup>, Kozlov A. B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSBEI HE Ulyanovsk SAU

432017, Ulyanovsk, Novy Venets bld, 1;

Tel. 8 (422) 55-95-68; e-mail: agroec@yandex.ru

<sup>2</sup>FSBEI HE Nizhny Novgorod STTU named after K.Minin

603950, Nizhny Novgorod, Ulyanov Street, 1;

Tel. 8 (831) 439-00-79; e-mail: [a\\_v\\_kozlov@mail.ru](mailto:a_v_kozlov@mail.ru)

**Key words:** common black soil, soil enzyme activity, mineral fertilizers, straw, bio compounds.

The effect of fertilizer systems with straw application, mineral fertilizers and the biological compound Baikal EM-1 on the enzyme activity of typical black soil was studied in field experiments. The scheme of the experiment included 12 variants, the total plot area was 120 m<sup>2</sup> (6x20), the record area was 72 m<sup>2</sup> (4x18), their location is randomized, the repetition is fourfold. According to the results of the experiments, it was found that the application of straw in combination with an additional nitrogen dose of 10 kg per ton of straw and Baikal EM-1 bio compound enhanced an increase in the activity of urease, phosphatase, and invertase both in pure form and in combination with mineral fertilizers. At the same time, on average, in the period of 3 years, the activity of urease increased by 1,9 - 2,4 times in relation to control, phosphatase - by 1,8 - 2,3 and invertase - by 2,3 - 3,0 times. The latter undoubtedly indicates that to activate the processes of decomposition of straw and improve the nutrient regime of the soil, it is necessary to use additional nitrogen sources of at least 10 kg N / t of straw and biological compounds, namely, Baikal EM-1, which has a multicomponent composition of beneficial microorganisms.

### Bibliography

1. Takh, I.P. Enzyme activity of various types of soils of the forest-steppe zone in the conditions of the western Caucasus / I.P. Takh, A.Kh. Agirov // *New technologies*. - 2009. - № 4. - P. 1-7.
2. Shcherbakova, T.A. Enzyme activity of soils and transformation of organic matter / T.A. Shcherbakova. - Minsk, 1983. - 222 p.
3. Alekseeva, A.A. Enzyme activity of soils of forest nurseries of the forest-steppe zone of Krasnoyarsk Region / A.A. Alekseeva, N.V. Fomina // *Vestnik of Krasnoyarsk State Agrarian University*. - 2014. - № 12. - P.70-75.
4. Khaziev, F.Kh. Methods of soil enzymology / F.Kh. Khaziev. - Moscow: Nauka, 2005. - 252 p.
5. Devyatova, T.A. Biodiagnosis of soils / T.A. Devyatova, T.N. Kramareva. - Voronezh: VSU, 2008. - 140 p.
6. Kuprevich, V.F. Soil Enzymology / V.F. Kuprevich, T.A. Shcherbakova. - Minsk: «Science and Technology», 1966. - 274 p.
7. Namzhilov, N.B. Influence of organic fertilizers on fertility restoration of wind-eroded soils of Buryatia / N.B. Namzhilov, G.D. Chimitdorzhieva, Yu.B. Tsybenov // *soil science*. - 2003. - № 6. - P. 21.
8. Sergeev, V.S. Influence of crop residues on soil fertility indicators / V.S. Sergeev // *Vestnik of the Altai State Agrarian University*. - 2010. - № 9. - P. 28-34.
9. Kravchenko, R.V. Crop residues and soil fertility / R.V. Kravchenko, M.T. Kuprichenkov // *Multitopic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University*. - 2012. - № 79. - P. 1-10.
10. Narusheva, E.A. Change of biological activity of leached black soil when cultivating buckwheat in the Middle Volga region / E.A. Narusheva // *Vestnik of Altai State Agrarian University*. - 2012. - V. 88. - № 2. - P. 12-16.
11. Barayshchuk, G.V. Influence of biologically active preparations on microflora of nursery-garden soil / G.V. Barayshchuk, O.F. Khamova // *Achievements of science and technology of agroindustrial complex*. - 2009. - № 3. - P.18-21.
12. Konyseva, E.N. Influence of heavy metals and their detoxicants on enzyme activity of soils / E.N. Konyseva, I.S. Korotchenko // *Vestnik of Krasnodar State Agrarian University*. - 2011. - №1. - P. 114-119.
13. Bezuglova, O.S. Humic preparations as growth stimulators of plants and microorganisms (review) / O.S. Bezuglova, E.A. Polienko, A.V. Gorovtsov // *Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*. - 2016. - № 4. - P. 11-14.
14. Khaziev, F.Kh. Systemic ecological analysis of soil enzyme activity / F.Kh. Khaziev. - Moscow: Nauka, 1982. - 202 p.
15. Khaziev, F.Kh. Enzyme activity of agrocenoses soils and prospects of its study / F.Kh. Khaziev, A.E. Gulko // *Soil science*. - 1991. - № 8. - P.88-103.
16. Shcherbakov, A.P. Agroecological monitoring: The effect of fertilizers on the structure of black soil micromycetes complex / A.P. Shcherbakov, I.D. Svis-tova, N.V. Malykhina // *Vestnik of VSU*. - 2001. - №2. - P. 168-171.
17. Zaitseva, O.V. Dynamics of cellulose-decomposing, invertase and polyphenoloxidase activities of soil microflora of Samara Region / O.V. Zaitseva, E.V. Maksimova, O.N. Makurina // *Vestnik of Samara State University*. - 2006. - №9. - P. 138-144.
18. Uligova, T.S. Enzyme activity of various types of soils in the steppe zone and forest-steppe zone in the conditions of the Central Caucasus / T.S. Uligova, F.V. Khezheva // *New technologies*. - 2009. - №2. - P. 1-5.