

УДК 631.465 : 631.445.4 : 633.1(470.40/43)

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ ЯЧМЕНЯ
НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО**

© 2026 Л.В. Пронович, О.И. Горянин

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
им. Н.М. Тулайкова, Безенчук, Россия

Статья поступила в редакцию 04.03.2026

Ссылка для цитирования: Пронович Л.В., Горянин О.И. Влияние элементов технологий выращивания ячменя на ферментативную активность чернозема обыкновенного // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. 2026. Т. 5. № 1. С. 29-34.

Целью исследований является выявление влияния элементов технологии ярового ячменя, возделываемого по подсолнечнику, на ферментативную активность чернозема обыкновенного. Исследования проводили с 2019 по 2021 гг. в зернопаропропашном севообороте в многолетнем стационарном опыте отдела земледелия Самарского НИИСХ - филиала СамНЦ РАН. Изучали следующие варианты: зяблевая вспашка без удобрений (контроль) и с внесение аммиачной селитры, прямой посев: без удобрений, с применением биопрепарата (Бионекс Кеми), с внесением аммиачной селитры и с внесение аммиачной селитры и применением биопрепарата (Бионекс Кеми). Установлено, что, применение прямого посева ярового ячменя, по сравнению с вариантами, где проводилась вспашка, не снижает активность фермента уреазы и существенно увеличивает активность фосфатазы. На естественном по плодородию фоне прямого посева установлено снижение активности фермента каталазы, по сравнению с более интенсивными вариантами на 5,9-13,5 %.

Ключевые слова: яровой ячмень, элементы технологии, почвенные ферменты.

DOI: 10.37313/2782-6562-2026-5-1-29-34

EDN: VKYMSD

Работа выполнялась сотрудниками отдела земледелия в рамках госзадания Минобрнауки России для СамНЦ РАН № 07500683-26-00 по теме № FMRW-2025-0044.

ВВЕДЕНИЕ

По мнению ученых, при оценке биологической активности почв наиболее точным является определение активности почвенных ферментов [13].

Установлено, что ферменты продолжая свою жизнедеятельность после отмирания живых организмов – способствуют образованию гумуса. Их активность зависит от влажности почвы, количества в ней органического вещества, в первую очередь свежего, температуры и влажности воздуха [8, 9, 12]. Кроме того, ферментативная активность почвы существенно изменяется в зависимости от выращиваемой культуры, предшественников, способов обработки почвы и применяемой системы удобрений [5, 6, 12]. По итогам некоторых исследований выявлено, что при регулировании этого процесса имеются особенности для различных ферментов и условий среды. Например, в кислых почвах высокая активность уреазы неопасна, а в нейтральных и щелочных это способствует потери азота из почв в форме аммиака [15].

Многие авторы также считают, что урожайность сельскохозяйственных культур очень тесно связана с процессами накопления нитратов, аминокислот, целлюлозолитической и ферментативной активностью почвы [7, 12].

Применение длительной минимизации основной обработки почвы, а также современных технологических систем обработки почвы и посева на черноземах, по сравнению с традиционной технологией, не ухудшает ферментативную активность почвы. Однако в первые годы применения поверхностной обработки и прямого посева культур наблюдается снижение биологической актив-

Пронович Лилия Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела земледелия и новых технологий. E-mail: samniish@mail.ru

Горянин Олег Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и новых технологий.

ности черноземов и дифференциация пахотного слоя по микробиологической активности, с увеличением ее в 0-10 см слое [2, 4].

Системы обработки почвы имеют различные связи с ферментами. Например, при применении традиционной технологии установлена наибольшая связь гумуса с каталазой. На вариантах с современными технологиями с гумусом наиболее тесно коррелировал фермент фосфатаза [3].

Таким образом, проведённые исследования показывают не однозначные результаты влияния обработки почвы и технологий возделывания на ферментативную активность почвы. Кроме того, в Поволжье отсутствуют исследования по влиянию прямого посева ячменя после предшественника подсолнечника на ферментативную активность почвы.

Цель исследований – выявление влияния элементов технологии ярового ячменя, возделываемого по подсолнечнику, на ферментативную активность чернозёма обыкновенного.

УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Элементы технологии возделывания ярового ячменя сорта Беркут изучали с 2019 по 2021 гг. в зернопаропропашном севообороте в многолетнем стационарном опыте отдела земледелия Самарского НИИСХ - филиала СамНЦ РАН, развёрнутом во времени и пространстве на чернозёме обыкновенном. Севооборот имел следующее чередование культур: пар чистый – озимая мягкая пшеница – соя – яровая твёрдая пшеница – подсолнечник – ячмень. Предшественник ярового ячменя подсолнечник возделывали по производственной системе Экспресс Сан.

Схема опыта предусматривала изучение семи вариантов. При зяблевой вспашке исследовалась два варианта без удобрений (контроль) и с внесением аммиачной селитры. На вариантах прямого посева изучались пять вариантов; без удобрений, с применением биопрепарата (Бионекс Кеми), с внесением аммиачной селитры и с внесением аммиачной селитры и применением биопрепарата (Бионекс Кеми);

Повторность опыта 3-кратная, размещение систематическое. Площадь делянок общая 550 м², учетная – 220 м².

Отбор почвенных проб для определения ферментов каталаза, уреазы и фосфатазы проводились в два срока на всех изучаемых культурах. Пробы почвы отбирались в слое 0-40 см в четырех точках на каждой делянке парным способом и определялись согласно нормативным документам и методикам [1, 10, 11].

Оптимальные условия для роста и развития ячменя отмечены в 2020 году, самые неблагоприятные в 2019 году при температуре воздуха за вегетацию 18,4 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для характеристики азотного режима почвы одним из важных показателей является фермент уреазы, который вырабатывается группой уробактерий, и относится к ферментативной группе амидаз. Этот фермент гидролизует только мочевины, при этом конечным продуктом гидролиза является углекислый газ и аммиак [14].

В наших исследованиях в засушливых условиях 2019 года в фазу всходов ячменя активность фермента практически не зависела от изучаемых вариантов (таблица 1).

При более благоприятных условиях 2021 года в начальные фазы развития растений ячменя выявлено повышение активности уреазы при прямом посеве и внесении удобрений, по сравнению с вариантами со вспашкой на 0,004-0,011 мг (19,0-73,3 %).

В среднем за два года наименьшее выделение аммиака, по данным анализа, установлено на контрольном варианте 0,010 мг, что на 0,003-0,005 мг (30,0-50,0 %) меньше значений, полученных на других изучаемых вариантах. При этом не установлено послойной дифференциации активности фермента в зависимости от исследуемых вариантов.

Потребление фосфатов из органических соединений растениями и микроорганизмами происходит за счёт фермента фосфатазы, который катализируют отщепление остатков фосфорной кислоты.

В условиях 2019 года применение вариантов с прямым посевом способствовало увеличению скорости дефосфорирования почвой органических соединений на 0,082-0,132 мг или в 2,6-4,3 раза, по сравнению с вариантами, где проводилась вспашка (таблица 2).

В благоприятных условиях 2021 года тенденция увеличения скорости фосфатазой активности при прямом посеве сохранилась, но преимущество, по сравнению с вариантами вспашки, снизилось до 0,021-0,037 мг или в 2,0-3,6 раза.

В среднем за два года выявлено увеличение активности фермента фосфатазы при прямом посеве, по сравнению с вариантами, где проводилась вспашка в слое почвы 0-40 см в 2,5-4,1 раза. При этом наибольшие значения активности, за счёт значений в верхнем слое почвы, установлены на вариантах с прямым посевом и применением удобрений – 0,107-0,111 мг, что на 0,021-0,025 мг (24,4-29,1 %) больше варианта с прямым посевом без применения удобрений.

Таблица 1. Влияние элементов технологий на активность уреазы под посевами ячменя в период всходов, мг N-NH₃ на 1 почвы

Слой почвы, см	Варианты способов основной обработки почвы и систем удобрений					
	1	2	3	4	5	6
2019 год						
0-20	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005
20-40	0,004	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004
0-40	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005
2021 год						
0-20	0,016	0,019	0,021	0,027	0,025	0,026
20-40	0,014	0,022	0,024	0,024	0,024	0,024
0-40	0,015	0,021	0,023	0,026	0,025	0,025
среднее						
0-20	0,010	0,012	0,013	0,016	0,014	0,016
20-40	0,009	0,013	0,014	0,014	0,014	0,014
0-40	0,010	0,013	0,014	0,015	0,014	0,015

Таблица 2. Влияние элементов технологий на активность фосфатазы под посевами ячменя в период всходов, мг фенолфталеина на 1 г почвы

Слой почвы, см	Варианты способов основной обработки почвы и систем удобрений					
	1	2	3	4	5	6
2019 год						
0-20	0,044	0,053	0,133	0,181	0,184	0,193
20-40	0,036	0,047	0,130	0,145	0,143	0,148
0-40	0,040	0,050	0,132	0,163	0,164	0,172
2021 год						
0-20	0,014	0,019	0,043	0,053	0,056	0,061
20-40	0,013	0,019	0,036	0,047	0,044	0,040
0-40	0,014	0,019	0,040	0,050	0,050	0,051
среднее						
0-20	0,029	0,036	0,088	0,117	0,120	0,127
20-40	0,025	0,033	0,083	0,096	0,094	0,094
0-40	0,027	0,035	0,086	0,107	0,107	0,111

При анализе микробиологической активности важным показателем является активность фермента каталазы, который разлагает ядовитую для микроорганизмов и растений перекись водорода на молекулярный кислород и воду.

В наших исследованиях в засушливых условиях 2019 года наибольшая активность каталазы в слое почвы 0-40 см выявлена на контрольном варианте 20,5 мл, что незначительно на 1,2 мл (6,2 %) больше значений, полученных на интенсивном фоне традиционной технологии и существенно на 3,7-7,1 мл (22,0-53,0 %) вариантов с прямым посевом ячменя (таблица 3).

В более благоприятных условиях 2021 года активность каталазы была выше, чем в 2019 году и составила 21,2-23,6 мл. При этом не выявлено существенных изменений активности фермента в зависимости от исследуемых вариантов.

В среднем за два года наибольшее выделение кислорода в слое почвы 0-40 см происходило на вариантах со вспашкой и прямым посевом с применением удобрений – 19,8-21,0 мг, что на 1,1-2,5 мг (5,9-13,5 %) больше вариантов с прямым посевом без применения минеральных удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение прямого посева ярового ячменя, по сравнению с вариантами, где проводилась вспашка, не снижает активность фермента уреазы и существенно увеличивает активность фосфатазы. На естественном по плодородию фоне прямого посева установлено снижение активности фермента каталазы, по сравнению с более интенсивными вариантами на 5,9-13,5 %.

Таблица 3. Влияние элементов технологий на активность каталазы под посевами ячменя в период всходов, мл O₂ на 1 г

Слой почвы, см	Варианты способов основной обработки почвы и систем удобрений					
	1	2	3	4	5	6
2019 год						
0-20	20,8	20,0	16,5	13,7	16,3	17,3
20-40	20,2	18,6	15,9	13,1	18,1	16,3
0-40	20,5	19,3	16,2	13,4	17,2	16,8
2021 год						
0-20	26,4	23,5	21,6	23,3	23,4	23,4
20-40	16,3	20,8	20,8	23,8	22,1	22,0
0-40	21,4	22,2	21,2	23,6	22,8	22,7
среднее						
0-20	23,6	21,8	19,0	18,5	19,9	20,4
20-40	18,3	19,7	18,4	18,5	20,1	19,2
0-40	21,0	20,8	18,7	18,5	20,0	19,8

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Минеев, В.Г.* Активность каталазы. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями / В.Г. Минеев, Н.З. Станков, Е.Х. Ремпе и др. – М., 1975. – Ч. 1. – С. 148-152.
2. *Белоусова, Е.Н.* Влияние почвозащитных технологий на содержание подвижного органического вещества и ферментативную активность почвы / Е.Н. Белоусова, А.А. Белоусов // *Агрохимия*. – 2022. – № 5. – С. 30-37. DOI: 10.31857/S0002188122040044.
3. *Корчагин, В.А.* Биологизация земледелия в Среднем Поволжье: монография / В.А. Корчагин, С.Н. Зудилин, О.И. Горянин и др. – Кинель, 2017. – 241 с. – ISBN 978-5-88575-484-2.
4. *Гармашов, В.М.* Биологическая активность чернозёма обыкновенного при различных способах основной обработки почвы под ячмень / В.М. Гармашов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная и др. // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. – 2019. – № 3 (58). – С. 22-27.
5. *Битов, Х.А.* Влияние сидеральных культур на ферментативную активность почвы / Х.А. Битов, В.С. Бжеумыхов // *Вестник аграрной науки*. – 2023. – № 2(101). – С. 6-11. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.2.6.
6. *Гребенщиков, А.М.* Влияние применения различных способов основной обработки на запасы продуктивной влаги в агрочернозёмах / А.М. Гребенщиков, А.С. Фрид, С.В. Сапрыкин и др. // *Агрохимия*. – 2019. – № 8. – С. 40-47.
7. *Гармашов, В.М.* Каталитическая активность чернозёма обыкновенного при минимализации обработки почвы и прямом посеве в условиях юго-востока ЦЧР / В.М. Гармашов, Л.В. Гармашова // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2022. – № 5-2(119). – С. 40-43. – <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.119.5.006>.
8. *Зинченко, М. К.* Ферментативная активность серой лесной почвы при различных приемах основной обработки / М. К. Зинченко, С.И. Зинченко // *Достижения науки и техники АПК*. – 2021. – Т. 35. – № 4. – С. 17-21. – doi: 10.24411/0235-2451-2021-10402.
9. *Чернышева, Е.В.* Микробная биомасса и ферментативная активность целинных и пахотных почв как показатели физиологического состояния микробных сообществ / Е.В. Чернышева, К.С. Душанова, Т.Э. Хомутова и др. // *Успехи современной биологии*. – 2023. – Т. 143. – № 4. – С. 403-416. – DOI: 10.31857/S0042132423040051.
10. *Определение активности уреазы // Справочник инженера эколога нефтегазодобывающей промышленности по методам загрязнителей окружающей среды: (основные положения).* – М.: Недра, 1999. – Ч. 2. – С. 581-585.
11. *Определение активности фосфатазы // Справочник инженера эколога нефтегазодобывающей промышленности по методам загрязнителей окружающей среды: (основные положения).* – М.: Недра, 1999. – Ч. 2. – С. 578-581.
12. *Ильбулова, Г.Р.* Оценка ферментативной активности почв Зауралья Республики Башкортостан при различных системах обработки почв / Г.Р. Ильбулова, Я.Т. Суюндуков, Х.М. Сафин и др. // *Экологический вестник Северного Кавказа*. – 2021. – Т. 17. – № 1. – С. 19-24.
13. *Тихонович, И.А.* Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия / И.А. Тихонович, Ю.В. Круглов // *Почвоведение*. – 2006. – № 5(32). – С. 9-12.
14. *Хамова, О.Ф.* Биологическая активность чернозёма выщелоченного при минимализации основной обработки почвы в южной лесостепи Западной Сибири / О.Ф. Хамова, Л.В. Юшкевич, В.В. Леонова // *Агрохимия*. – 2002. – № 4. – С. 11-16.
15. *Чеве́рдин, А.Ю.* Ферментативная активность чернозёма обыкновенного при применении ассоциативных препаратов / А.Ю. Чеве́рдин // *Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф.* – Астрахань, 2022. – С. 106-108.

EFFECT OF BARLEY GROWING TECHNOLOGY ELEMENTS ON THE ENZYMATIC ACTIVITY OF COMMON BLACK SOIL

© 2026 L.V. Pronovich, O.I. Goryanin

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,

Samara Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov, Bezenchuk, Russia

Citation link: Pronovich L.V., Goryanin O.I. Influence of elements of barley cultivation technologies on the enzymatic activity of common chernozem // *Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural Sciences.* 2026. Vol. 5. No. 1. P. 29-34.

The aim of the research is to identify the effect of the elements of the technology of spring barley cultivated after sunflower on the enzymatic activity of the ordinary chernozem. The research was carried out on spring barley from 2019 to 2021 in a grain-fallow-tilled crop rotation in a long-term stationary experiment of the Department of Agriculture of the Samara Research Institute of Agriculture-branch of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The following options were studied: autumn plowing without fertilizers (control) and with the application of ammonium nitrate, direct sowing: without fertilizers, with the use of a biological product (Bionex Kemi), with the application of ammonium nitrate, and with the application of ammonium nitrate and the use of a biological product (Bionex Kemi). It was found that the use of direct sowing of spring barley, compared to the options where plowing was performed, does not reduce the activity of the urease enzyme and significantly increases the activity of phosphatase. On a naturally fertile background, direct sowing resulted in a 5.9-13.5% decrease in catalase enzyme activity compared to more intensive options.

Keywords: spring barley, technology elements, soil enzymes.

DOI: 10.37313/2782-6562-2026-5-1-29-34

EDN: VKYMSD

REFERENCES

1. Aktivnost' katalazy [Catalase activity] // Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v dlitel'nykh opytakh s udobreniyami [Guidelines for conducting long-term fertilizer experiments] / V.G. Mineev, N.Z. Stankov, E.Kh. Rempe i dr. M., 1975. Ch. 1. S. 148-152.
2. Belousova E.N., Belousov A.A. [Influence of soil protection technologies on the content of mobile organic matter and soil enzymatic activity] // *Agrokhimiya.* 2022. № 5. S. 30-37. DOI: 10.31857/S0002188122040044
3. Biologizatsiya zemledeliya v Srednem Povolzh'e: monografiya [Biologization of Agriculture in the Middle Volga Region: A Monograph] / V.A. Korchagin, S.N. Zudilin, O.I. Goryanin i dr. Kinel', 2017. 241 s. ISBN 978-5-88575-484-2.
4. [Biological activity of common chernozem under different methods of basic tillage for barley] / V.M. Garmashov, I.M. Kornilov, N.A. Nuzhnaya i dr. // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2019. № 3 (58). S. 22-27.
5. Bitov Kh.A., Bzheumykhov V.S. [The effect of green manure crops on soil enzymatic activity] // *Vestnik agrarnoi nauki.* 2023. № 2 (101). S. 6-11. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.2.6
6. [The effect of using different methods of primary tillage on the reserves of productive moisture in agrochernozems] / A.M. Grebenshchikov, A.S. Frid, S.V. Saprykin i dr. // *Agrokhimiya.* 2019. № 8. S. 40-47.
7. Garmashov V.M., Garmashova L.V. [Catalase activity of common chernozem with minimal soil tillage and direct sowing in the southeast of the Central Black Earth Region] // *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal.* 2022. № 5-2 (119). S. 40-43. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.119.5.006>
8. Zinchenko M. K., Zinchenko S.I. [Enzymatic activity of gray forest soil under different methods of primary tillage] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 2021. T. 35. № 4. S. 17-21. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10402
9. [Microbial biomass and enzymatic activity of virgin and arable soils as indicators of the physiological state of microbial communities] / E.V. Chernysheva, K.S. Dushchanova, T.Eh. Khomutova i dr. // *Uspekhi sovremennoi biologii.* 2023. T. 143. № 4. S. 403-416. DOI: 10.31857/S0042132423040051
10. Opredelenie aktivnosti ureazy [Determination of urease activity] // *Spravochnik inzhenera ehkologa neftegazodobyvayushchei promyshlennosti po metodam zagryaznitelei okruzhayushchei sredy: (osnovnye polozheniya) [Handbook of Environmental Engineering for the Oil and Gas Industry: Methods of Environmental Contaminants (Basic Principles)].* Moskva: Nedra, 1999. Ch. 2. S.581-585.
11. Opredelenie aktivnosti fosfatazy [Determination of phosphatase activity] // *Spravochnik inzhenera ehkologa neftegazodobyvayushchei promyshlennosti po metodam zagryaznitelei okruzhayushchei sredy: (osnovnye polozheniya) [Handbook of Environmental Engineering for the Oil and Gas Industry: Methods of Environmental Contaminants (Basic Principles)].* Moskva: Nedra, 1999. Ch. 2. S.578-581.
12. [Evaluation of the enzymatic activity of the soils of the Trans-Urals of the Republic of Bashkortostan under various soil cultivation systems] / G.R. Il'bulova, Ya.T. Suyundukov, Kh.M. Safin i dr. // *Ehkologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza.* 2021. T. 17, № 1. S. 19-24.

13. [Microbiological aspects of soil fertility and sustainable agriculture] / I.A. Tikhonovich, Yu.V. Kruglov // *Pochvovedenie*. 2006. № 5 (32). S. 9-12.
14. [Biological activity of leached chernozem with minimal primary tillage in the southern forest-steppe of Western Siberia] / O.F. Khamova, L.V. Yushkevich, V.V. Leonova // *Agrokimiya*. 2002. № 4. S. 11-16.
15. *Cheverdin A.Yu.* Fermentativnaya aktivnost' chernozema obyknovennogo pri primeneniі assotsiativnykh preparatov [Enzymatic activity of ordinary chernozem when using associative preparations] // *Sovremennye issledovaniya v naukakh o Zemle: retrospektiva, aktual'nye trendy i perspektivy vnedreniya: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Modern Research in Earth Sciences: Retrospective, Current Trends, and Prospects for Implementation: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference]. Astrakhan', 2022. S. 106-108.