



УДК 631.8:631.465:633.11
DOI 10.25230/conf11-2021-274-278

**ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ РИЗОСФЕРЫ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ
ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Шулико Н.Н.
ФГБНУ «Омский АНЦ»
shuliko-n@mail.ru

Представлены результаты исследований влияния применения удобрений на ферментативную активность ризосферы ячменя в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Активность фермента каталазы снижалась при применении изучаемых факторов до 15 % к контролю. Под влиянием минеральных удобрений наблюдалась тенденция повышения активности уреазы до 17 % к контролю. Изменения в инвертазной активности почвы под влиянием изучаемых факторов были в пределах ошибки опыта.

Ключевые слова: минеральные удобрения, солома, инокуляция семян, ризосфера, ферментативная активность, ячмень.

Введение. В агропромышленном секторе экономики многих стран мира к концу XX века одним из рациональных путей развития является внедрение в практику землепользования



биотехнологий, сокращение или замена средств химизации биологическими препаратами [1]. Решить проблемы энергосбережения невозможно без использования более дешевого и экологически безопасного биологического азота [2–4].

Ферментативная активность отражает состояние плодородия почв и внутренние изменения, происходящие при сельскохозяйственном использовании и повышении уровня культуры земледелия. Эти изменения обнаруживаются как при вовлечении целинных и лесных почв в культуру, так и при различных приемах их использования [5]. 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 плодородия почв. Ферментативная активность почвы, наряду с другими почвенными процессами, может служить показателем ее биологической активности [6].

Материалы и методы. Почва опытного участка – лугово-черноземная среднemocная среднегумусовая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 6,8 %, реакция среды – нейтральная. Глубина залегания грунтовых вод 1,5–2 м. Исследования по влиянию минеральных удобрений, ежегодного внесения соломы и инокуляции семян биопрепаратом *ризоагрин* на ферментативную активность почвы проводились в 2012–2014 гг. в длительном стационарном опыте закладки 1987 г., под заключительной культурой пятипольного зернопарового севооборота шестой ротации – ячменем (сорт Саша селекции СибНИИСХ). Севооборот развернут во времени и пространстве. Опыт заложен методом расщепленных делянок, изучали три фактора: минеральные удобрения, солома, бактериальный препарат. Площадь элементарной делянки – $(10 \times 8) = 80 \text{ м}^2$, учетная – $(1,8 \times 10) = 18 \text{ м}^2$. Площадь делянки с инокулированными растениями 40 м^2 . Размещение вариантов – систематическое. Изучались следующие факторы по схеме $2 \times 2 \times 2$: А – минеральные удобрения, кг д.в./га севооборотной площади: 1) без удобрений (контроль); 2) применение в дозе $\text{N}_{18}\text{P}_{42}$ на гектар севооборотной площади, рассчитана на положительный баланс элементов питания (невысокая доза удобрений, может применяться в хозяйствах); В – солома: 1) без соломы; 2) внесение соломы после уборки зерновых культур в количестве, соответствующем урожаю; С – бактериальное удобрение: 1) без инокуляции; 2) инокуляция семян ячменя биопрепаратом. Варианты опыта: 1. Контроль; 2. Солома; 3. Инокуляция; 4. Солома + инокуляция; 5. $\text{N}_{18}\text{P}_{42}$; 6. $\text{N}_{18}\text{P}_{42}$ + солома; 7. $\text{N}_{18}\text{P}_{42}$ + инокуляция; 8. $\text{N}_{18}\text{P}_{42}$ + солома + инокуляция. Обработка семян ячменя биопрепаратом проводилась перед посевом. В качестве контроля использовали вариант обработки семян чистой водой. *Ризоагрин* – ростостимулирующий биопрепарат на основе штамма *Agrobacterium radiobacter 204* (производство ВНИИСХСМ, Пушкин) рекомендуется для предпосевной обработки семян зерновых из расчета 600 г. на гектарную норму семян.

Отбор почвенных проб для анализов проводили в стерильные пергаментные пакеты 3 раза в течение вегетации растений (кущение, колошение, налив зерна). Смешанный образец почвы ризосферы составляли из нескольких отдельных проб, выкопанных с растениями. Анализ ферментативной активности почвы проводился в воздушно-сухих образцах: каталазы – газометрически инвертазы по Купревичу, уреазы по Гофману [7]. Статистическая обработка результатов исследования проводилась методом дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову (1979) [8].

Погодные условия вегетационного периода 2012 г. были засушливыми, количество осадков составило 72,6 % от нормы при ГТК=0,69. В 2013 г. количество осадков за май-август составило 218 мм (111 % от нормы) при ГТК=1,16.

Результаты и обсуждение. В ризосфере ячменя исследовалась активность гидролитических ферментов инвертазы и уреазы, ведущих процессы разложения органических соединений в почве, и каталазы, окислительно-восстановительного фермента, участвующего в гумификации.



В 2012 г. активность каталазы снижалась при применении изучаемых факторов. Так, в вариантах N₁₈P₄₂ + солома + инокуляция и солома + инокуляция наблюдалось снижение активности фермента на 12 и 15 % соответственно, в сравнении с контролем (табл. 1). Из литературы известно о негативном влиянии внесения удобрений на активность каталазы [7].

Под влиянием минеральных удобрений активность уреазы практически не изменилась в среднем по фактору. При внесении соломы, как в чистом виде, так и в варианте N₁₈P₄₂ + солома, наблюдалось снижение показателя на 11 и 9 % соответственно, в сравнении с контролем. На неудобренном фоне инокуляция семян повысила уреазную активность ризосферы на 8 %, что связано с улучшением азотного режима почвы.

Инвертазная активность под влиянием изучаемых факторов усилилась. В среднем по фактору, на удобренном фоне повышение составило 10 % в сравнении с фоном без удобрений. Увеличение активности инвертазы наблюдалось также в вариантах инокуляция, N₁₈P₄₂ + солома, N₁₈P₄₂ + инокуляция и N₁₈P₄₂ + солома + инокуляция и составило 6, 13 и 9 % соответственно в сравнении с контролем.

В 2013 г. активность фермента каталазы снижалась от применения минеральных удобрений на 15 % в сравнении с контролем. При совместном применении минеральных удобрений и соломы, минеральных удобрений и инокуляции семян снижение фермента было в пределах НСР опыта. На фоне без минеральных удобрений, в вариантах: солома, инокуляция и солома + инокуляция, отмечена тенденция повышения каталазной активности на 3, 11 и 5 % соответственно, в сравнении с контролем (табл. 2).

Под влиянием минеральных удобрений наблюдалась тенденция повышения активности уреазы в среднем по фактору. При внесении соломы на фоне удобрений увеличение составило 26 % в сравнении с контролем. В варианте N₁₈P₄₂ + солома + инокуляция совместное применение изучаемых факторов повысило уреазную активность ризосферы на 17 %, что связано с улучшением азотного режима почвы.

Таблица 1. Активность почвенных ферментов в ризосфере ячменя в зависимости от применения минеральных и бактериальных удобрений, соломы, в 1 г воздушно сухой почвы, 2012 г.

Вариант	Активность почвенных ферментов		
	Каталаза, O ₂ (куб. см/мин)/г	Уреазы, * мг. NH ₃ / г	Инвертаза, * Мг инвертн. сахара/г
Контроль	1,30	0,49	12,8
Солома	1,28	0,44	11,9
Инокуляция	1,19	0,53	13,6
Солома+ инокуляция	1,11	0,49	12,5
Среднее по фактору без мин. удобрений (А)	1,22	0,49	12,7
Среднее по фактору без соломы (В)	1,25	0,49	13,8
Среднее по фактору без инокуляции (С)	1,27	0,46	13,1
N ₁₈ P ₄₂	1,25	0,44	14,1
N ₁₈ P ₄₂ + солома	1,23	0,45	13,6
N ₁₈ P ₄₂ + инокуляция	1,24	0,49	14,5
N ₁₈ P ₄₂ + солома+ инокуляция	1,15	0,46	13,9
Среднее по фактору N ₁₈ P ₄₂	1,22	0,46	14,0
Среднее по фактору солома	1,19	0,46	12,9
Среднее по фактору инокуляция	1,17	0,49	13,7
НСР₀₅ А, В, С**	0,18	0,04	0,67

Примечание. * - срок инкубации – 1 сутки; **НСР₀₅ А - минеральных удобрений, НСР₀₅ В - соломы, НСР₀₅ С – инокуляции семян;



Таблица 2. Активность почвенных ферментов в ризосфере ячменя в зависимости от применения минеральных и бактериальных удобрений, соломы, в 1 г воздушно сухой почвы, 2013 г.

Вариант	Активность почвенных ферментов		
	Каталаза, O ₂ (куб. см/мин)/г	Уреаза, * мг. NH ₃ / г	Инвертаза, * мг инвертн. сахара/г
Контроль	1,48	0,54	16,4
Солома	1,53	0,57	15,6
Инокуляция	1,65	0,57	14,6
солома + инокуляция	1,55	0,64	14,8
<i>Среднее по фактору без мин. Удобрений (А)</i>	<i>1,55</i>	<i>0,436</i>	<i>15,4</i>
<i>Среднее по фактору без соломы (В)</i>	<i>1,44</i>	<i>0,57</i>	<i>15,6</i>
<i>Среднее по фактору без инокуляции (С)</i>	<i>1,47</i>	<i>0,60</i>	<i>16,0</i>
N ₁₈ P ₄₂	1,34	0,61	17,1
N ₁₈ P ₄₂ + солома	1,42	0,68	16,0
N ₁₈ P ₄₂ + инокуляция	1,28	0,55	14,2
N ₁₈ P ₄₂ + солома + инокуляция	1,22	0,63	15,4
<i>Среднее по фактору N₁₈P₄₂</i>	<i>1,32</i>	<i>0,62</i>	<i>15,68</i>
<i>Среднее по фактору солома</i>	<i>1,43</i>	<i>0,49</i>	<i>15,45</i>
<i>Среднее по фактору инокуляция</i>	<i>1,43</i>	<i>0,45</i>	<i>14,75</i>
<i>НСР₀₅ А, В, С**</i>	<i>0,23</i>	<i>0,05</i>	<i>2,3</i>

Примечание. * - срок инкубации – 1 сутки;

**НСР₀₅ А - минеральных удобрений, НСР₀₅ В - соломы, НСР₀₅ С – инокуляции семян.

Изменения в инвертазной активности почвы под влиянием изучаемых факторов были в пределах ошибки опыта. Различия по годам исследований, возможно, связаны с различной термо- и влагообеспеченностью 2012 и 2013 гг.

Согласно шкалам Д.Г. Звягинцева (1978) для оценки степени обогащенности почв ферментами, изучаемая лугово-черноземная почва по активности каталазы и инвертазы относится к бедным почвам, а уреазы – к очень бедным. Исключение составляют лишь варианты контроль, солома, N₁₈P₄₂ и N₁₈P₄₂ + солома, N₁₈P₄₂ + солома + инокуляция в 2013 году, которые по активности инвертазы относятся к среднеобогаченным почвам (>15 мг/г).

Заключение. Таким образом, активность фермента каталазы снижалась при применении изучаемых факторов до 15 % по отношению к контролю. Под влиянием минеральных удобрений наблюдалась тенденция повышения активности уреазы до 17 % к контролю. Изменения в инвертазной активности почвы под влиянием изучаемых факторов были в пределах ошибки опыта.

Литература

1. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: ВНИИА, 2005. – 302 с.
2. Кожемяков А.П., Хотянович А.В. Перспективы применения биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве // Бюллетень ВИУА. – 1997. – № 110. – С. 4–5.
3. Шулико Н.Н. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические и биологические свойства чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя в южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2017. – 169 с.
4. Хамова О.Ф., Юшкевич Л.В., Воронкова Н.А., Бойко В.С., Шулико Н.Н. Биологическая активность лугово-чернозёмных почв Омского Прииртышья: монография. – Омск: Бланкиздат. 2019. – 94 с.



5. Саетгалиева Г.Э. Ферментативная активность почвы как показатель ее плодородия // Изменение почв в процессе их окультуривания: сб. статей / под ред. В.К. Гирфанова. Казань. 2014. – № 2. – С. 277–278.
6. Галстян А.Ш. Унификация методов определения активности ферментов почв // Почвоведение. – 1978. – № 2. – С.107–113.
7. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

**ENZYME ACTIVITY OF THE RHIZOSPHERE OF SPRING BARLEY UNDER THE
APPLICATION OF FERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH
OF WESTERN SIBERIA**

Shuliko N.N.

The article presents the results of studies of the effect of the fertilizer application on the enzyme activity of the barley rhizosphere in the conditions of the southern forest steppe of Western Siberia. The activity of the catalase enzyme decreased under the application of the studied factors up to 15 %, in comparison to the control. Under the influence of mineral fertilizers, there was a tendency for the increase of urease activity up to 17 %, in comparison to the control. The changes in soil invertase activity under the influence of the studied factors were within the experimental error.

Key words: mineral fertilizers, straw, seed inoculation, rhizosphere, enzyme activity, barley.