

УДК 577.15:661.162.66

DOI 10.47813/nto.3.2022.6.318-324 EDN [YXUMCW](#)



## Активность изоформ пероксидаз в зерне яровой пшеницы под влиянием регуляторов роста

**Майя Анка, Инга Ивановна Серегина**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени  
К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

E-mail: [seregina.i@inbox.ru](mailto:seregina.i@inbox.ru)

**Аннотация.** В лабораторных опытах изучали действие различных биопрепаратов роста на активность изоформ пероксидазы в покоящихся семенах и при их проращивании. В эксперименте, при pH = 5,5, 7,0, 8,0 определяли активность изоформ фермента с использованием фосфатно-буферной системы (1/15 М). Активность изоформ фермента пероксидазы (методом, основанным на пероксидное окисление тирозина) определяли на покоящихся зернах пшеницы (прошедших дозревание после уборки) и проросших на 3-й, 5-й и 7-й сутки прорастания. По результатам исследований отмечено различное влияние используемых биопрепаратов (защитно-стимулирующий комплекс, Харди, Феровит и смеси Феровит + Харди) на активность изоформ пероксидазы в зерне яровой пшеницы, которое зависело от препаративной формы их действующего вещества.

**Ключевые слова:** регуляторы роста, яровая пшеница, изоформы фермента пероксидаз, этапы прорастания семян.

## Peroxidase isoform activity in spring wheat grain under the influence of growth regulators

**Anka Maya, Seregina Inga Ivanovna**

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after  
K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

E-mail: [seregina.i@inbox.ru](mailto:seregina.i@inbox.ru)

**Abstract.** In laboratory experiments, the effect of various growth biological preparations on the activity of peroxidase isoforms in dormant seeds and during their germination was studied. In the experiment, at pH = 5.5, 7.0, 8.0, the activity of enzyme isoforms was determined using a phosphate-buffer system (1/15 M). The activity of isoforms of the peroxidase enzyme (by a method based on tyrosine peroxidation) was determined on dormant wheat grains (after ripening after harvesting) and germinated on the 3rd, 5th, and 7th days of germination. According to the research results, different effects of the biological preparations used (protective-stimulating complex, Hardy, Ferovit and Ferovit + Hardy mixtures) on the activity of peroxidase isoforms in spring wheat grain were noted, which depended on the preparative form of their active substance.

**Keywords:** growth regulators, spring wheat, peroxidase enzyme isoforms, stages of seed germination.

## 1. Введение

Все биохимические процессы, протекающие в живых клетках растений (в том числе сельскохозяйственных культур) и определяющие рост и развитие растительного организма, осуществляются под действием биологически активных веществ, называемых ферментативными соединениями. На специфичность, активность и механизм действия ферментов по-разному влияют множество различных факторов, в том числе концентрация субстрата, температура и химические добавки, при этом активность фермента возрастает под влиянием одних из них, а другие действуют в обратном направлении, поскольку фермент ослабляется или даже останавливается полностью его работу. [1,2].

В зерновых культурах в период послеуборочного созревания активность различных ферментов, в том числе антиоксидантов, снижается до уровня, характерного для хорошо созревшего зерна, что свидетельствует о слабости окислительно-восстановительных процессов на этом этапе и при соответствующих условиях (температура, кислород, свет и т.д.) воздействие поглощаемой воды приводит к набуханию и запускает активность ферментов в зернах и тем самым начинается процесс прорастания, и ускоряются биохимические процессы, особенно дыхание происходящий под действием оксидазы. А это в свою очередь стимулирует рост и развитие растения. [3]

Характер и интенсивность физиологических процессов в прорастании семян зависят от активности ферментативного комплекса зерна, условий окружающей среды, уровня минерального питания макро- и микроэлементами, а также применяемых регуляторов роста [4,5]. При прорастании семян начальная активация обменных процессов обусловлена также быстрыми процессами дыхания, связанными с окислительно-восстановительными реакциями растительного организма. К реакциям свободного окисления относятся все реакции, которые либо ускоряются пероксидами, либо сопровождаются образованием  $H_2O_2$ , а также многие реакции, катализируемые оксидами. На первом этапе прорастания семян зародыш может подвергаться стрессу из-за неблагоприятных условий окружающей среды, в его тканях активируются защитные механизмы и вырабатываются различные вещества. [6,7]

Пероксидаза участвует в процессах фотосинтеза и дыхания в растительных клетках, участвует в процессах образования лигнина на клеточных стенках и биосинтеза соединения этилена, играет существенную роль в защите растений от инфекционных заболеваний и служит для регуляции концентрации пероксид водорода. Пероксидаза способствует поддержанию окислительно-восстановительного потенциала организмов, тем самым определяет антиоксидантную стрессовую реакцию растения на внешние воздействия. [8-10]

В связи с этим целью наших исследований является изучение активности изоформ пероксидаз в зерне яровой пшеницы под влиянием регуляторов роста в покоящихся и прорастающих семенах яровой пшеницы.

## 2. Материалы и методы

В исследовании, для изучения поставленных вопросов в качестве объекта исследований была выбрана яровая пшеницы сорта Дарья (*Triticum aestivum L.*). Растения яровой пшеницы выращивали на опытном участке полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Почва опытного участка представлена убраноземом типичным среднесуглинистым. Изучаемые биорегуляторы роста применялись путем foliarной обработки вегетирующих растений в фазах кушение и выход в трубку.

В исследованиях изучали защитно-стимулирующий комплекс (автор Белопухов С.Л. профессор кафедры химии РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, Феровит (производства АНО-НЭСТ М), Харди (производства АНО-НЭСТ М), и смесь препаратов Харди и Феровит (1:1). Активность изоформ пероксидазы определяли в зерне пшеницы, которое прошло в фазе послеуборочное созревание и при прорастании в течении (третьи, пятые и седьмые сутки) методом пероксидного окисления тирозина при условии температуры 35°C на 15 минут продолжительности реакции с использованием концентрацию пероксида водорода 1%, концентрацию тирозина 0,06 мг/мл и количество ферментного экстракта 3мл [11]. В ходе эксперимента для выявления каталитической активности ферментов использовали фосфатно-буферные растворы по pH [5,5-7.0 и 8.0] (1/15 М). Процесс проращивания зерна исследуемой пшеницы проводился в термостате в чашках Петри при условиях температуры 12-14°C. Статистическую обработку проводили в программе Excel.

### 3. Результаты исследования

Изучали каталитическую активность изоферментов пероксидазы (кислые, нейтральные и щелочные) в покоящихся и проросших зерновках яровой пшеницы в зависимости от используемых биорегуляторов роста при покое и прорастании в течении 7 суток. Из полученных результатов (в таблицах 1,2,3) отмечено, что активность фермента пероксидазы (как в покоящихся, так и в пророщенных зернах, а также во всех контрольных и опытных вариантах) возрастает с увеличением рН, достигая максимума в щелочной среде (т.е. более активны щелочные изоформы пероксидазы, 7.09-11.09 мкат в расчете на 1 г сухой массы), за исключением вариантов где применяли препараты Харди и Феровит. В варианте с применением препарата Харди снижается активность нейтральных и щелочных пероксидазы на седьмой день прорастания, до 7.0 и 9.0 мкат в расчете на 1 г сухой массы соответственно. В варианте, где применяли препарат Феровит снижается активность нейтральных изоформ пероксидаз на третий день прорастания до 2.90 мкат в расчете на 1 г сухой массы. Установлено, что активность всех изоформ пероксидаз (во всех средах) как в покоящихся, так и в пророщенных зернах повышена во всех вариантах опыта по сравнению с контролем, кроме варианта Феровит во всех средах, а также Феровит+Харди в нейтральной среде (в покоящихся и пророщенных зернах на третьи сутки).

Было выявлено (таблица 1), что в проросших зернах активность кислых изоформ пероксидаз имела наибольшую активность на седьмые сутки для варианта Харди (10.63 мкат в расчете на 1 г сухой массы), а в случае варианта Феровит – на третьи сутки (5.67 мкат в расчете на 1 г сухой массы). Для остальных вариантов применения препаратов на пятые сутки (контроль 3.7 мкат в расчете на 1 г сухой массы, ЗСК 5.72 мкат в расчете на 1 г сухой массы, Феровит+Харди 4.09 мкат в расчете на 1 г сухой массы). В покоящихся зернах наибольшая активность изоформ пероксидаз была получена в варианте с использованием препарата Харди (4.09 мкат в расчете на 1 г сухой массы).

**Таблица 1.** Активность кислых пероксидазы в покоем и прорастающем зерне пшеницы (мккат в расчете на 1 г сухой массы).

Регуляторы роста	Покоящееся зерно	Продолжительность проращивания зерна		
		3 сут.	5 сут.	7 сут.
Кислые пероксидазы (pH=5.5)				
Контроль	3.00	3.1	3.7	3.5
Агростимулин	3.27	3.40	5.72	3.60
Феровит	1.64	5.67	2.45	2.45
Харди	4.09	4.12	4.82	10.63
Феровит+Харди	3.68	3.80	4.09	4.00

В таблицах 2 и 3 представлены результаты влияния активности регуляторов роста на активность нейтральных и щелочных изоформ пероксидаз. Выявлено, что в пророщенных семенах наибольшая активность нейтральных и щелочных пероксидаз проявлялась на пятые сутки прорастания во всех вариантах опыта до 4.09-7.90 мккат для нейтральных и 6.54-11.09 мккат для щелочных изоформ пероксидаз. В покоем зерне наибольшую активность нейтральных и щелочных изоформ пероксидаз была получена при применении защитно-стимулирующего комплекса 6.95 мккат в расчете на 1 г сухой массы и 8.99 мккат в расчете на 1 г сухой массы соответственно.

**Таблица 2.** Активность нейтральных пероксидазы в покоем и прорастающем зерне пшеницы (мккат в расчете на 1 г сухой массы).

Регуляторы роста	Покоящееся зерно	Продолжительность проращивания зерна		
		3 сут.	5 сут.	7 сут.
Нейтральные пероксидазы (pH=7.0)				
Контроль	5.99	6.09	6.7	6.5
Агростимулин	6.95	7.00	7.90	6.98
Феровит	2.72	2.90	4.09	3.00
Харди	6.54	6.90	7.44	7.00
Феровит+Харди	5.32	5.40	6.08	6.00

**Таблица 3.** Активность щелочных пероксидазы в покоем и прорастающем пшеницы (мккат в расчете на 1 г сухой массы).

Регуляторы роста	Покоящееся зерно	Продолжительность проращивания зерна		
		3 сут.	5 сут.	7 сут.
Щелочные пероксидазы (pH=8.0)				

Контроль	7.09	7.44	7.8	7.5
Агростимулин	8.99	9.10	11.09	10.20
Феровит	5.72	5.90	6.54	6.10
Харди	8.18	8.45	9.91	9.00
Фер+Хар	7.36	7.72	8.91	7.99

#### 4. Заключение

На активность различных изоформ фермента пероксидазы как в покоящимся, так и в пророщенном зерне влияли регуляторы роста, применяемые при выращивании яровой пшеницы. Наибольшая активность отмечена для щелочных изоформ фермента во всех вариантах применения регуляторов роста, за исключением препарата Харди.

Активность всех изоформ пероксидаз (кислой, нейтральной и щелочной) в пророщенном зерне выше, чем в покоящем зерне (0.1-2.1 по выше).

Все используемые биорегуляторы обладают разной активностью и специфичностью в отношении стимулирования активности изоформ пероксидазы. Для покоящихся зерен наиболее эффективным регулятором роста оказался защитно-стимулирующий комплекс в щелочной среде (повышает активацию щелочные пероксидазы-8.99мкат).

Для пророщенных зерен наиболее эффективным препаратом оказался защитно-стимулирующий комплекс в нейтральной и щелочной среде на пятой сутки. Показано стимулирование активационной способности нейтральных изоформ пероксидаз до 7.90 мкат в расчете на 1 г сухой массы и щелочных изоформ пероксидаз до 11.09мкат в расчете на 1 г сухой массы.

Как в покоящихся, так и в пророщенных зернах препарат Феровит не оказывал положительного влияния на активность изоформ пероксидаз в всех средах, так как приводил к снижению ее активности по сравнению с контролем, так же, как и смесь препаратов Феровит+Харди в нейтральной среде не имеет положительного влияния по сравнению с контролем.

#### Список литературы

1. Братерский, Ф.Д. Ферменты зерна / Ф.Д. Братерский. – М.: Колос, 1994. – 196 с.

2. Шилкова, О. Влияние ферментов зерна на биохимические изменения в нем при хранении / О. Шилкова, С. Белецкий, К. Гурьева // Комбикорма. – 2018. – № 9. – С. 93-95.
3. Серегина, И.И. Влияние предпосевной обработки семян цинком на проростки яровой пшеницы в условиях водного стресса / И.И. Серегина, Н.Т. Ниловская, Л.В. Обуховская, Л.В. Осипова // Агрехимия. – 2005. – № 8. – С. 34-38.
4. Карпова, Г.А. Активация ранних ростовых процессов семян под действием регуляторов роста как фактор повышения полевой всхожести и урожайности яровой пшеницы / Г.А. Карпова, Л.В. Карпова, Е.Ю. Фролова // Нива Поволжья. – 2016. – № 1(38). – С. 29-35.
5. Рогожин, В.В. Peroксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов / В.В. Рогожин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 240 с.
6. Садвакасова, Г.Г. Некоторые физико-химические и физиологические свойства пероксидазы растений / Г.Г. Садвакасова, Р.М. Кунаева // Физиол. и биохим. культ, растений. – 1987. – Т. 19. – № 2. – С. 107-119.
7. Исламгулова, Р.Р. Активность амилолитических и антиоксидантных ферментов (каталаз, пероксидаз) при солодоращении зерна ячменя в зависимости от размера зерновок и применяемых фиторегуляторов / Р.Р. Исламгулова, Н.Н. Новиков, И.И. Серегина // ИВУЗ ПР Естественные науки. – 2022. – № 1(37). – С.13-28.
8. Новиков, Н.Н. Новый метод определения активности пероксидаз в растениях / Н.Н. Новиков // Известия ТСХА. – 2016. – № 3. – С. 36–46.