

1. Коробова Л. Н. Состояние агроценоза яровой пшеницы при применении повышенных доз гербицидов / Л. Н. Коробова, А. В. Шинделов // Вестник НГАУ. 2012. – № 2 (23). – С. 12–16.

2. Василенко М. Г. Регуляторы роста растений природного происхождения на посевах пшеницы яровой в условиях северной лесостепи Украины. / М. Г. Василенко, М. В. Драга, Ю. А. Зацаринная, И. Д. Бакай // AGROECOLOGICAL JOURNAL. 2014. – № 4. – С. 64–69.

3. Михайлова М. П. Снижение токсического воздействия гербицидов на сою при применении природных антидотов / М. П. Михайлова, Л. А. Каманина // В сборнике: Экологические проблемы регионов Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – С. 136–138.

УДК 633.34

## **ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭНЗИМАТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СЕМЯН СОИ**

**Е. А. Семенова<sup>1</sup>**, канд. биол. наук, доц.; **А. Г. Мамонова<sup>2</sup>**, лаборант хим. анализа.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Дальневосточный ГАУ»; <sup>2</sup>ООО НППФ «Регис»

*Целью исследования явилось изучение влияния агроклиматических условий на активность и электрофоретические спектры пероксидазы и каталазы в семенах сои. Объектом исследования служили семена сортов сои амурской селекции, созданные во ВНИИ сои, – Соната, Гармония, Лидия и саратовской селекции (Ершовская ОСОЗ НИИСХ Юго-Востока) – Соер 4, выращенной в Амурской, Саратовской, Оренбургской областях и Хабаровском крае в 2010–2013 гг. Выявлено, что энзиматическая активность семян сои зависит от генотипа растения, но в большей степени от агроклиматических условий региона выращивания. Удельная активность пероксидазы сои амурской селекции была выше в семенах из Амурской области, у сорта Соер 4 (саратовской селекции) – из Саратовской и Оренбургской областей. Недостаточная влагообеспеченность и высокая температура воздуха в течение периода вегетации сои приводят к увеличению гетерогенности пероксидазы в семенах из Саратовской и Оренбургской областей, за исключением сорта Гармония. Удельная активность каталазы выше в семенах из Амурской и Саратовской областей. В семенах сортов Лидия, Соната и Соер 4, выращенных в условиях Саратовской и Оренбургской областей, в отличие от пероксидазы наблюдалось уменьшение количества множественных молекулярных форм каталазы. Элек-*

*трофоретический спектр семян сорта Гармония содержит одинаковое количество форм каталазы независимо от региона выращивания сои.*

**Ключевые слова:** соя, пероксидаза, каталаза, электрофоретические спектры.

Соя является одной из важнейших продовольственных культур в мире. Благодаря экологической пластичности её выращивают далеко за пределами первоначального распространения [1]. В России посевы сои в основном сосредоточены на Дальнем Востоке – в Амурской области, Приморском и Хабаровском краях, Еврейской автономной области [1, 2]. Правительством России намечено увеличение посевных площадей сои, в том числе за счёт Европейского региона, прежде всего областей, Южного, Центрального и Приволжского Федеральных округов.

В связи с расширением ареала выращивания культурной сои, её посевы размещают в регионах отличающихся контрастностью экологических условий, нестабильностью природно-климатических факторов и непредсказуемостью их колебаний в вегетационный период. Большая роль в приспособлении растений к неблагоприятным условиям среды принадлежит ферментам. Многие ферменты представлены в виде множественных молекулярных форм, обеспечивающих быструю и тонкую регуляцию клеточного метаболизма в условиях приспособления растений к постоянным изменениям окружающей среды [3].

Известно, что климатические условия оказывают существенное влияние на активность пероксидазы и каталазы в семенах сои [4, 5]. Однако проведенных исследований по изучению энзиматических механизмов адаптации растений сои к агроклиматическим условиям недостаточно. В связи с этим изучение ферментативной активности семян сои, выращенных в отдаленных агроклиматических зонах, позволит более детально рассмотреть вопросы биохимической адаптации. Цель исследова-

ния: изучить влияние агроклиматических условий на активность и электрофоретические спектры пероксидазы и каталазы в семенах сои.

**Методика.** Объектом исследования служили семена сортов сои амурской селекции, созданные во ВНИИ сои – Соната, Гармония, Лидия и саратовской селекции (Ершовская ОСОЗ НИИСХ Юго-Востока) – Соер 4, выращенной в Амурской, Саратовской, Оренбургской областях и Хабаровском крае в 2010-2013 гг. Семена сои высевали в оптимальные для каждого региона сроки на глубину 4–6 см по 25 шт. в рядке, с площадью питания одного растения 5x45 см, в 4-х повторностях. Агроклиматические условия в местах проведения исследований различались по количеству осадков, температуре воздуха, почвенному покрову.

Активность пероксидазы (КФ 1.11.1.7) определяли по скорости окисления бензидина под действием фермента, содержащегося в семенах, до образования  $p,p'$ -диаминдифенилхинона, каталазы (КФ 1.11.1.6) – газометрическим методом, по количеству выделившегося кислорода, содержание белка – биуретовым методом [6]. Удельную активность ферментов рассчитывали в условных единицах на 1 мг белка. Разделение ферментов осуществляли методом диск-электрофореза в полиакриламидном геле [7, 8].

**Результаты и обсуждение.** Семена сортов сои, включенных в исследование, различались активностью пероксидазы. Сорты амурской селекции Лидия, Соната и Гармония относятся к высокопероксидазным, а сорт Соер 4 (саратовской селекции) при выращивании в Амурской области проявил себя как низкопероксидазный, низкая активность фермента была зафиксирована и в семенах данного сорта полученных из Хабаровского края (рис. 1). Однако в климатических условиях Саратовской и Оренбургской областей сорт Соер 4 проявил себя по иному, несмотря на то, что активность фермента была немного ниже, чем

у других сортов, в тоже время она была соответственно в 59 и 29 раз выше, чем в семенах из Амурской области. По-видимому, особенности климата этих регионов, жаркое и засушливое лето, способствовали росту активности пероксидазы у сорта Соер 4.

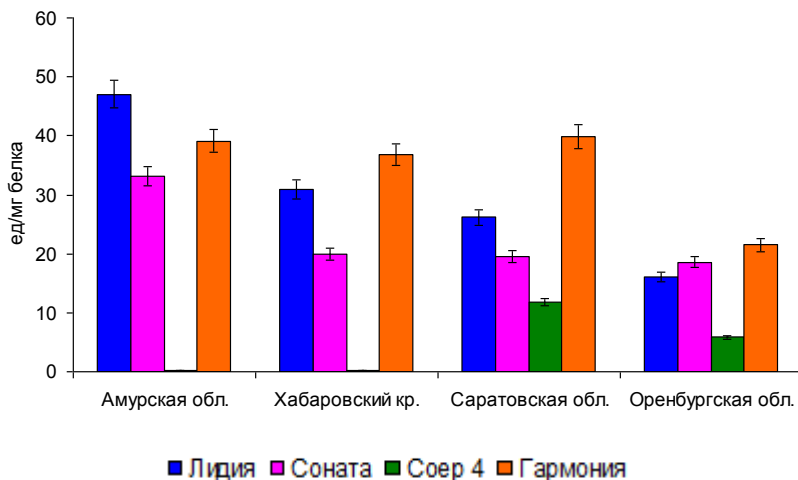


Рисунок 1 – Удельная активность пероксидазы в семенах сои, выращенной в различных агроклиматических условиях, ед/мг белка, среднее за 2010–2013 гг.

Анализ энзимограмм пероксидаз семян сои, выращенной в Амурской области показал разное количества множественных молекулярных форм фермента у высоко - и низкопероксидазных сортов сои (табл. 1). Семена всех сортов сои амурской селекции из Хабаровского края содержали меньше форм фермента, чем из Амурской области, а в семенах сорта Соер 4 вообще не удалось выявить множественные молекулярные формы пероксидазы, в связи с её низкой активностью. В Саратовской и Оренбургской областях недостаточная влагообеспеченность и высокая температура воздуха в течение периода вегетации сои приводят к увеличению гетерогенности пероксидазы в семенах всех сортов, за исключением сорта Гармония. Возросшая гетерогенность энзи-

ма может иметь адаптивное значение [9]. У сорта Гармония количество множественных молекулярных форм такое же, как в семенах из Амурской области, но отдельные компоненты отличались электрофоретической подвижностью. Возможно, адаптация этого сорта сопровождается не количественными, а качественными изменениями в электрофоретическом спектре, что связано с биологическими особенностями сорта, более продолжительным периодом вегетации.

Удельная активность каталазы в семенах сои, выращенной в Хабаровском крае была самой низкой за годы исследования, в среднем она изменялась от 25 до 35 ед/мг белка  $\times 10^{-3}$  по сортам, значительно выше была в семенах из Амурской (55–98 ед/мг белка  $\times 10^{-3}$ ) и Саратовской (64–92 ед/мг белка  $\times 10^{-3}$ ) областей (рис. 2). Наиболее высокая удельная активность каталазы выявлена в семенах сортов Лидия, Соната и Соер 4 из Саратовской области, сорта Гармония – из Амурской области.

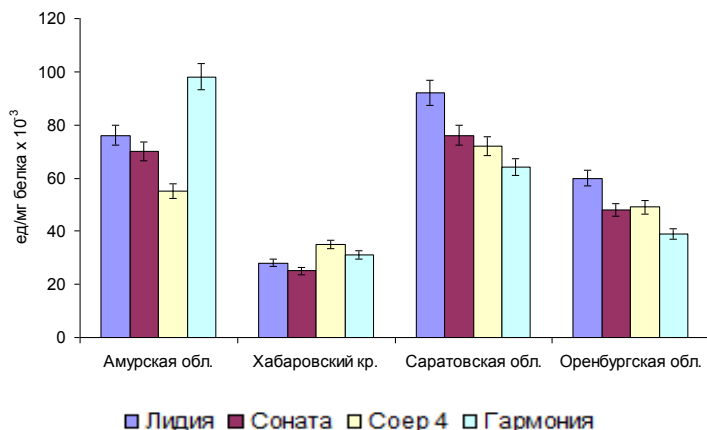


Рисунок 2 – Удельная активность каталазы в семенах сои, выращенной в различных агроклиматических условиях, ед/мг белка  $\times 10^{-3}$ , среднее за 2010–2013 гг.

Электрофоретические спектры каталазы семян сои сортов амурской селекции, выращенных в Амурской области, содержа-

ли по три формы фермента (табл. 2). В семенах сортов Лидия и Соната из Хабаровского края обнаружены дополнительные множественные молекулярные формы со средней электрофоретической подвижностью. Наибольшее количество форм (четыре) выявлено в семенах сорта Соер 4 (саратовской селекции) из Амурской области и Хабаровского края. В семенах сортов Лидия, Соната и Соер 4, выращенных в условиях Саратовской и Оренбургской областей в отличие от пероксидазы наблюдалось уменьшение количества множественных молекулярных форм каталазы. Наибольшую стабильность проявил сорт Гармония, его электрофоретический спектр содержит одинаковое количество компонентов, которые имеют сходную электрофоретическую подвижность, независимо от региона выращивания сои.

Таблица 1 – Множественные молекулярные формы пероксидазы в семенах сои, выращенной в различных агроклиматических условиях

Rf	Амурская обл.				Хабаровский кр.				Саратовская обл.				Оренбургская обл.			
	Л	С	С 4	Г	Л	С	С 4	Г	Л	С	С 4	Г	Л	С	С 4	Г
0–0,02	+	+		+	+	+		+	+	+		+	+	+		+
0,07–0,09																
0,14–0,16									+				+	+		
0,17–0,19										+						
0,34–0,36													+			
0,38–0,40	+								+							+
0,41–0,43			+												+	
0,44–0,46	+	+		+	+			+	+	+		+	+	+		+
0,48–0,50						+						+			+	
0,50–0,52	+	+			+				+	+			+	+		
0,53–0,55				+								+				+
0,56–0,58	+	+					+		+	+			+	+		
0,60–0,62	+			+					+				+			
0,62–0,64					+			+								

Примечание: Л – сорт Лидия; С – сорт Соната; С 4 – сорт Соер 4; Г – сорт Гармония

Таблица 2 – Множественные молекулярные формы каталазы в семенах сои, выращенной в различных агроклиматических условиях

Rf	Амурская обл.				Хабаровский кр.				Саратовская обл.				Оренбургская обл.			
	Л	С	С 4	Г	Л	С	С 4	Г	Л	С	С 4	Г	Л	С	С 4	Г
0,02–0,05	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0,07–0,09				+				+				+				+
0,10–0,12			+				+								+	
0,14–0,16		+				+										
0,17–0,19	+				+											
0,29–0,32					+											
0,34–0,36						+										
0,38–0,40			+				+									
0,42–0,44	+	+		+	+	+		+	+	+		+	+		+	+
0,45–0,48			+				+				+			+		

Примечание: Л – сорт Лидия; С – сорт Соната; С 4 – сорт Соер 4; Г – сорт Гармония

Таким образом, энзиматическая активность семян сои зависит от генотипа растения, но в большей степени от агроклиматических условий региона выращивания. Изменение активности, количества множественных молекулярных форм, перестройка электрофоретических спектров пероксидазы и каталазы отражает направление адаптивных реакций сои к условиям выращивания.

### Литература

1. Ващенко А. П. [и др.]. Соя на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2010. – 435 с.
2. Тильба В. А., Синеговская В. Т. Итоги координационных исследований по сое в Сибири и на Дальнем Востоке (2006–2011 гг.): сб. науч. тр. / Результаты и направления исследований по сое на Дальнем Востоке и в Сибири. Благовещенск, 2012. – С. 5–21.
3. Хочачка П., Сомеро Дж. Стратегия биохимической адаптации; перевод с англ. Ю.И. Лашкевича; под ред. и с предис. Е.М. Крепса. М.: Мир, 1977. – 398 с.
4. Селихова О. А. Генетические и экологические особенности биохимического состава семян исходного материала для селекции сои: дис. ... канд. с/х наук. п. Тимирязевский, 2003. – 171 с.
5. Иваченко Л. Е. Ферменты как маркеры адаптации сои к условиям выращивания. Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2011. – 192 с.
6. Ермаков А. И. [и др.]. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
7. Davis B. J. Disk electrophoresis. Method and application to human serum protein // Ann. N. Y. Acad. 1964. Vol. 121, № 2. – P. 404–427.
8. Сафонов В. И., Сафонова М. П. Исследование белков и ферментов растений методом электрофореза в полиакриламидном геле // Биохимические методы в физиологии растений. 1971. – С. 113–136.
9. Редькин П. С. Изоферменты как элементы регуляторных систем гомеостаза // Успехи современной биологии. 1974. – Т. 28, вып. 1 (4). – С. 42–46.

УДК 631.8:633.853.52:631.1:631.153.3

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ В СОЕВО-ЗЕРНОВОМ**