



Мария Павловна Михайлова

В 2006 г. окончила естественно-географический факультет Благовещенского государственного педагогического университета. С 2014 по 2018 г. обучалась в аспирантуре Дальневосточного государственного аграрного университета по направлению 06.06.01 – Экология (биологические науки). Научным руководителем является доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ В.Т. Синеговская. Во Всероссийском научно-исследовательском институте сои работает с 2014 г., в 2018 г. переведена на должность старшего научного сотрудника лаборатории первичного семеноводства и семеноведения.

Основное направление исследований – изучение особенностей адаптации сои новых сортов амурской селекции при ее возделывании с использованием новых биологически активных веществ и высокоэффективных гербицидов. Результаты исследований представлялись на региональных и международных конференциях, молодежных форумах, инновационных конвентах и конкурсах молодых ученых. В 2014 г. за инновационный проект на международном конкурсе «Рациональное природопользование» (г. Владивосток) Мария Павловна была награждена дипломом. В 2018 г. приняла участие в конкурсе на соискание премии ДВО РАН имени выдающихся ученых Дальнего Востока. За научно-исследовательскую работу в области сельскохозяйственных культур на тему «Роль биологически активных веществ в формировании устойчивости растений сои к воздействию гербицидов» была удостоена премии им. академика А.К. Чайки.

УДК 581.522.4:577.15:575.113.5

DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.024

М.П. МИХАЙЛОВА

Роль пероксидазы в повышении устойчивости растений сои к неблагоприятным факторам

*Представлены результаты исследований удельной активности пероксидазы в листьях сои сорта МК 100 селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои под влиянием гербицида Пульсар (д.в. имазамокс) и препарата БиоЛарикс, полученного путем переработки лиственницы даурской (*Larix gmelinii*). Исследования проводились на опытном поле ВНИИ сои в 2016–2018 гг. Установлено, что ежегодное применение гербицида Пульсар в фазу 3-го тройчатого листа приводит к сокращению удельной активности изучаемого фермента. Препарат природного происхождения снижает негативное воздействие гербицида, вызывает активизацию фермента пероксидазы и приводит к усилению метаболических процессов, что способствует*

МИХАЙЛОВА Мария Павловна – старший научный сотрудник (Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск). E-mail: mmp@vniisoi.ru

адаптации растений сои на клеточном уровне. В результате действия листовенничного экстракта биологическая урожайность семян сои в среднем за 3 года увеличилась на 0,2 т/га.

Ключевые слова: соя, пероксидаза, биологически активное вещество, гербицид.

The role of peroxidase in the increasing of soybean plant resistance to unfavorable factors. M.P. MIHAILOVA (All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk).

*The research results of specific activity of peroxidase in soybean leaves of variety MK 100, selected by the All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, under the influence of herbicide Pulsar (active ingredient imazamox) and BioLarix preparation obtained by the processing of Dahurian larch (*Larix gmelinii*) are presented. The studies were conducted on the experimental field of the ARSRI of soybean in 2016–2018. It was established that the annual use of the herbicide Pulsar in the phase of the 3rd ternate leaf led to a decrease in the specific activity of the enzyme being studied. The preparation of natural origin reduce the negative effect of the herbicide, caused activation of the enzyme peroxidase and lead to an increase in metabolic processes that contributes to the adaptation of soybean plants at the cellular level. As a result of the action of the larch extract, the biological yield of soybean seeds increased on the average over 3 years by 0.2 t/ha.*

Key words: soybean, peroxidase, biologically active substance, herbicide.

Введение

Детальное изучение физиологических процессов на биохимическом уровне представляет большой интерес для оценки адаптации растений к воздействию факторов, индуцирующих окислительный стресс [7]. Первостепенное значение имеют исследования защитных ферментов, обеспечивающих нейтрализацию абиотических и антропогенных факторов среды и являющихся важнейшими инструментами сохранения гомеостаза [9]. Повышение активности антиоксидантных ферментов к разным видам стрессовых воздействий показано в работах [3, 14, 15]. Один из таких ферментов – пероксидаза. Она участвует в защитном механизме от негативного воздействия среды, при этом ее активность варьирует в зависимости от вида, концентрации и продолжительности стрессового воздействия. Присутствие фермента в хлоропластах указывает на его участие в окислительно-восстановительных реакциях в процессе фотосинтеза, а обнаружение пероксидазы в митохондриях – на участие в энергетическом обмене клетки [6]. Энзиматическая активность в онтогенезе растений сои зависит от сортовой специфики, метеорологических условий и применяемых средств защиты растений [5, 11, 12].

Использование химических средств защиты растений является одним из важнейших приемов при возделывании сельскохозяйственных культур. Действующие вещества гербицидов обладают уникальной биологической активностью в отношении большинства объектов, поэтому их относят к активным стрессорам. Гербициды вызывают стрессовые состояния у культурных растений, проявляющиеся как на физиологическом, так и на морфологическом уровне. Нередко после применения гербицидов у растений наблюдаются замедление роста и развития, деформация и пожелтение листьев, появляются точечные некрозы [1, 4, 10]. В последние годы в большинстве регионов России возросла доля гербицидов на основе имазамокса, к которым относится гербицид Пульсар. Имазамокс был зарегистрирован в США в 1997 г. [17]. В России на сегодняшний день зарегистрированы и рекомендованы к применению гербициды с действующими веществами имазамокс, имазапир и имазетапир [13].

Достичь максимальной продуктивности культуры при повышении устойчивости растений к гербицидам можно путем воздействия иммуномодуляторов и адаптогенов как антиоксидантов, повышающих устойчивость растений к стрессовым факторам окружающей среды. Особенность действия данных препаратов в том, что они интенсифицируют физиолого-биохимические процессы в растениях и одновременно повышают устойчивость к стрессам. Будучи естественными соединениями, они непосредственно включаются в метаболизм растений, не оказывая вредного влияния на почву и окружающую среду [2].

Наибольший интерес среди них представляют экологически безопасные регуляторы роста природного происхождения, к каковым относятся продукты переработки лиственницы даурской (*Larix gmelinii*). Препараты на ее основе обладают широким спектром физиологической активности, являются высокоэффективными антидотами, повышают устойчивость растений к токсическому воздействию гербицидов [3].

Цель исследований – изучить изменение активности пероксидазы в листьях сои под воздействием абиотических и антропогенных факторов.

Материал и методы

Исследования проводили в 2016–2018 гг. на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института сои в южной зоне Амурской области. Метеорологические условия вегетации в этот период различались по температурному режиму и количеству осадков. Начало вегетационного периода 2016 г. характеризовалось неустойчивым температурным режимом, частыми дождями, высокой относительной влажностью воздуха. Среднемесячная температура воздуха составляла 17 °С, что ниже климатической нормы на 2 °С. Осадков выпало 111 мм, т.е. на 31 % выше многолетней нормы. В первые фазы развития растений вегетационного периода 2017 г. были отмечены резкие перепады температур (от 9,5 до 21,5 °С), а в фазу цветения (июль) наблюдались высокие температуры воздуха и недостаток влаги (64 % от нормы). Вегетационный период 2018 г. отличался неустойчивым температурным режимом, частыми дождями, высокой относительной влажностью воздуха. В фазу 3-го тройчатого листа среднемесячная температура воздуха составляла 17,9 °С, что ниже климатической нормы на 0,9 °С, осадков выпало 188,2 мм, или 221 % от нормы. В фазу цветения количество осадков на 71 % превысило норму. В результате наступило переувлажнение почвы, что способствовало частичному угнетению растений и удлинению периода вегетации сои.

Объектами исследований были растения среднеспелого сорта МК 100 селекции ВНИИ сои. Обработку семян биологическим препаратом БиоЛарикс производства компании «Аметис» (д.в. дитерпеновые спирты и углеводороды + дигидрохверцетин) проводили в день посева в рекомендуемой дозе. Вегетирующие растения опрыскивали гербицидом Пульсар (д.в. имазамокс) в фазу 3-го тройчатого листа в дозе 0,8 л/га. Отбор растений проводили в фазы 3-го тройчатого листа и цветения.

Активность пероксидазы в листьях растений сои определяли по методу А.Н. Бояркина в модификации А.Т. Мокроносова и выражали в единицах активности на 1 мг белка, количество белка оценивали методом Лоури [8, 16].

Результаты и обсуждение

В результате исследований установлено, что удельная активность пероксидазы в клетках растений сои контрольного варианта в фазу 3-го тройчатого листа в меньшей степени зависела от метеорологических условий (рис. 1). Наименьшая удельная активность фермента отмечена в растениях сои в 2018 г., так как данный период вегетации характеризовался переувлажнением почвы, и растения были в достаточной степени обеспечены влагой. К подобным выводам пришли и другие исследователи [11]. Применение гербицида Пульсар, действующее вещество которого является ингибитором синтеза ряда аминокислот, привело к снижению удельной активности изучаемого фермента в фазу 3-го тройчатого листа во все годы исследований. Наименьшее значение (28,1 ед./мг белка) было зафиксировано в 2018 г.

В фазу цветения недостаток почвенной влаги в 2016 г. вызвал повышение удельной активности пероксидазы в растениях контрольного варианта (83,2 ед./мг белка),

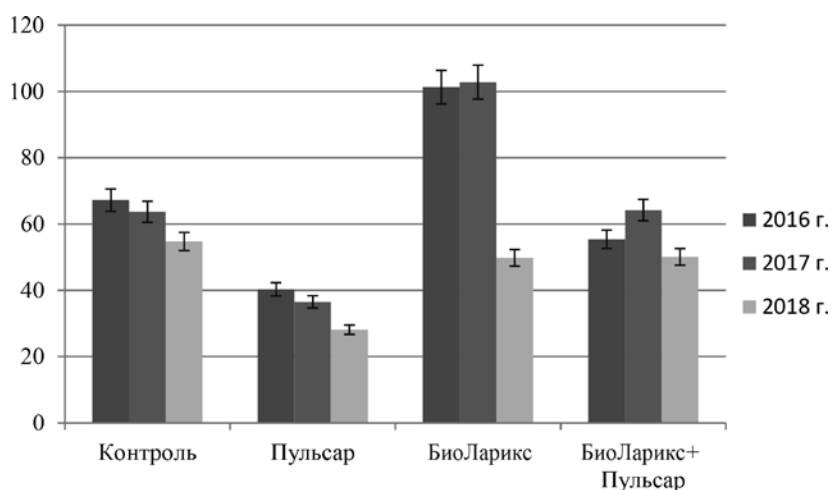


Рис. 1. Активность пероксидазы в листьях сои сорта МК 100 в фазу 3-го тройчатого листа

а переувлажнение почвы в 2017–2018 гг. способствовало снижению активности фермента. Наиболее неблагоприятным для роста и развития сои был вегетационный период 2018 г., когда активность фермента в растениях составляла 45,6 ед./мг белка (рис. 2). Применение гербицида Пульсар в фазу цветения не оказало влияния на величину удельной активности пероксидазы, кроме 2016 г., когда отмечалось снижение активности фермента в 1,5 раза по сравнению с контролем.

Природный стимулятор роста растений БиоЛарикс, препарат с высокой фунгицидной активностью, активизировал обменные процессы, что подтверждается повышением уровня удельной активности пероксидазы. Высокая удельная активность фермента (101,3 и 102,8 ед./мг белка) отмечена при применении биопрепарата в 2016–2017 гг. в фазу 3-го тройчатого листа растений сои по сравнению с контролем, а в фазу цветения повышенные активности фермента на 27,6 ед./мг белка относительно контроля наблюдали только в 2018 г. Усилению метаболических процессов и увеличению пероксидазной активности способствовало совместное применение гербицида Пульсар и препарата БиоЛарикс благодаря снижению стрессового воздействия гербицида. Наиболее высокая удельная активность (около 80 ед./мг белка) в фазу цветения выявлена при обработке БиоЛарикс + Пульсар в 2016–2017 гг., наименьшая (41,7 ед./мг белка) – в 2018 г., что связано с неблагоприятными погодными условиями.

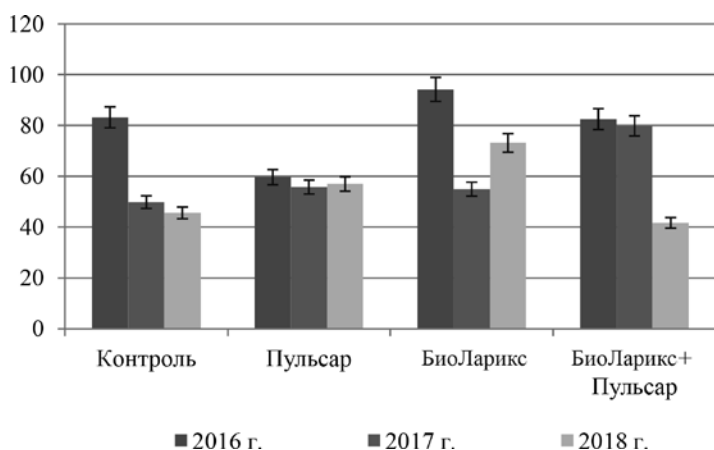


Рис. 2. Активность пероксидазы в листьях сои сорта МК 100 в фазу цветения

Так как онтогенез является процессом неразрывной связи последовательных изменений в жизнедеятельности растительного организма, применение природного препарата БиоЛарикс для предпосевной обработки семян оказало положительное влияние на удельную активность фермента, способствовало дружному появлению всходов в полевых условиях и повышению устойчивости растений к воздействию внешних стрессоров (см. таблицу).

Биологическая урожайность сои сорта МК 100, среднее за 2016–2018 гг.

Вариант	Сохранность, %	Урожайность, т/га
Контроль	97	2,4
Пульсар, 0,8 л/га	91	2,5
БиоЛарикс, 20 г/т	96	2,6
БиоЛарикс, 20 г/т + Пульсар, 0,8 л/га	96	2,6
НСР _{0,5} ($F_{\text{факт.}} = 1,051$), т/га		0,19

Биологически активные соединения воздействуют на интенсивность и направленность физиологических процессов в растениях, в результате чего повышается урожайность сои. Сбор зерна в вариантах с применением препарата в среднем повысился на 0,2 т/га (НСР_{0,5} = 0,19 т/га) в сравнении с контролем. Наибольшая прибавка урожая по сравнению с контролем (0,42 т/га) и вариантом с применением гербицида Пульсар (0,13 т/га) отмечена в условиях 2017 г. при использовании биопрепарата.

Вывод

Таким образом, удельная активность пероксидазы растений сои сорта МК 100 зависела от погодных условий, применения гербицида Пульсар и биологически активного вещества БиоЛарикс. Природный препарат из листовенницы даурской активизировал обменные процессы в клетках растений и способствовал увеличению удельной активности фермента, участвующего в повышении устойчивости растений сои к неблагоприятным факторам. В среднем за 3 года биологическая урожайность семян сои сорта МК 100 при использовании природного препарата увеличилась на 0,2 т/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вострикова С.С., Мороховец Т.В., Басай З.В., Мороховец В.Н. Чувствительность сои сорта Венера к почвенным гербицидам // Успехи соврем. науки и образования. 2017. Т. 2, № 3. С. 71–75.
2. Жирнова Д.Ф., Хижняк С.В., Сат Д.А. Влияние биостимуляторов различного происхождения на биохимические показатели и элементный состав проростков семян сои // Успехи соврем. науки. 2015. № 2. С. 78–83.
3. Иваченко Л.Е., Лисовский Д.Е., Кузнецова В.А. Влияние дигидрокверцетина на активность пероксидаз проростков культурной и дикорастущей сои // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2016. № 12. С. 127–130.
4. Коломыйцев Ф.Б., Синеговская В.Т., Сергеев В.К., Гайдученко А.Н. Сорная растительность Амурской области и меры борьбы с ней / под общ. ред. В.Т. Синеговской. Благовещенск: Приамурье, 2003. 168 с.
5. Кузнецова В.А., Иваченко Л.Е. Влияние солей тяжелых металлов на активность пероксидаз культурной и дикорастущей сои на разных стадиях вегетации // Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Серия: Естеств. науки. 2012. № 4. С. 44–48.
6. Лапина Г.П. Пероксидазы растений и гидролазы: структурные и регуляторные свойства. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2009. 116 с.
7. Лукаткин А.С., Лукаткин А.А. Повышение устойчивости сельскохозяйственных растений к абиотическим стрессорам обработкой экзогенными регуляторами роста // Агробиохимия в XXI веке: теория и практика применения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Нижний Новгород, 31 мая – 02 июня 2017 г. Нижний Новгород: Нижегород. с.-х. гос. акад., 2017. С. 67–70.

8. Малый практикум по физиологии растений / под ред. А.Т. Мокроносова. М.: Изд-во МГУ, 1994. 184 с.
9. Михайлова М.П., Синеговская В.Т., Кузнецова В.А., Иваченко Л.Е. Пероксидазная активность проростков сои при воздействии гербицида Фронтьер различных концентраций // Итоги координации научно-исследовательских работ по сое за 2011–2014 годы: материалы координац. совещ. по сое зоны Дальнего Востока и Сибири (с международным участием). Благовещенск, 09–10 сент. 2015 г. Благовещенск: ОДЕОН, 2015. С. 106–110.
10. Рафальский С.В., Малышев Д.А., Лысенко Н.Н. Влияние защитных агрокомплексов на засоренность и урожайность посевов сои // Итоги координации научно-исследовательских работ по сое за 2011–2014 годы: материалы координац. совещ. по сое зоны Дальнего Востока и Сибири (с международным участием). Благовещенск, 09–10 сент. 2015 г. Благовещенск: ОДЕОН, 2015. С.97–102.
11. Селихова О.А., Тихончук П.В., Иваченко Л.Е. Изменение энзиматической активности семян сои в зависимости от метеорологических условий года // Агр. наука. 2003. № 11. С. 15–16.
12. Синеговская В.Т., Душко О.С., Иваченко Л.Е. Изучение устойчивости растений сои к гербицидам на основе использования современных физиологических и биохимических методов // Вестн. ДальГАУ. 2012. № 4. С. 13–17.
13. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2016. № 4. С. 880.
14. Aghaei K., Ehsanpour A.A., Komatsu S. Potato responds to salt stress by increased activity of antioxidant enzymes // J. Integr. Plant Biol. 2009. Vol. 51. P. 1095–1103.
15. Herman B., Biczak R., Gurgul E. Effect of 1,10-phenanthroline on peroxidase and catalase activity and chlorophyll, sugar, and ascorbic acid contents // Biol. Plantarum. 1998. Vol. 41, iss. 4. P. 607–611.
16. Lowry O.H., Resebrought N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193, N 1. P. 265–275.
17. The pesticide manual. 13th ed. / ed. C.D.S. Tomlin. Alton, UK: Brit. Crop Protection Council Publ., 2003. 1250 с.