CZU: 577.15:[634.11 + 634.22] **https://doi.org/10.59295/sum1(181)2025_38**

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ ПЕРОКСИДАЗЫ В ЛИСТЬЯХ ДЕРЕВЬЕВ СЛИВЫ И ЯБЛОНИ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕНОТИПА И УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ

Валентина СВЕТЛИЧЕНКО, Анна ПОПОВИЧ,
Государственный Университет Молдовы

Была изучена активность антиоксидантного фермента пероксидазы в листьях деревьев поздних сортов сливы и зимних сортов яблони при росте в условиях контролируемого полива и моделируемой засухи. Пероксидазная система служит уникальным индикатором стрессового состояния растений и дает достаточную информацию об их физиологическом состоянии и может быть критерием их устойчивости к абиотическим факторам окружающей среды.

Проведенные опыты показали, что в листьях плодовых деревьев, выращенных в условиях водного дефицита, наблюдался более высокий рост активности изучаемого фермента по сравнению с контролем. Определено, что в период вегетации наибольший уровень ферментативной активности пероксидазы, как в контрольном, так и в опытном варианте наблюдался в листьях исследуемых сортов яблони и соответственно наименьший уровень ее активности выявлен в листьях сливы. Исследования, проведенные на сливе и яблоне, показали, что активность фермента пероксидазы в листьях, зависела от различных факторов: условий среды, интенсивности обменных процессов происходящих в определенные фенофазы роста и развития деревьев, а также от биологических особенностей сортов.

Ключевые слова: *слива, яблоня, засуха, температура, фермент антиоксидантной защиты, пероксидаза.*

ASSESSMENT OF PEROXIDASE ACTIVITY IN LEAVES OF PLUM AND APPLE TREES DURING THE VEGETATION PERIOD, DEPENDING ON THE GENOTYPE AND GROWING CONDITIONS

The activity of the peroxidase enzyme in the leaves of late plum and apple tree varieties growing under controlled watering and simulated drought conditions was studied. The peroxidase system serves as a unique indicator of the stress state of plants and provides sufficient information on their physiological state and is a criterion for their resistance to abiotic factors. It was shown that in the leaves of trees grown under water deficit conditions, a higher increase in peroxidase activity was observed compared to the control. The highest level of enzyme activity was found in the leaves of the studied apple varieties. Studies conducted on plum and apple trees showed that the activity of the peroxidase enzyme in the leaves depended on various factors: environmental conditions, the intensity of metabolic processes occurring in certain phenophases of growth and development of trees, as well as on the biological characteristics of the varieties.

Keywords: *plum, apple, drought, temperature, antioxidant enzyme, peroxidase.*

Введение

Плодоводство является одной из основных отраслей экономики Республики Молдова. Среди востребованных плодовых культур на первом месте стоит яблоня, на втором – слива, выращиваемая по всей территории страны. При изменении климатических условий окружающей среды на плоды этих культур влияет действие некоторых неблагоприятных факторов, среди которых водный дефицит является одним из самых разрушительных экологических стрессов. Засуха является многомерным комплексным стрессом, одновременно нарушающий физиологические, морфологические, биохимические и молекулярные состояния, которые контролируют рост и качество урожая и, в конечном счете, продуктивность культуры [8, с.1026-1029]. Эта ситуация усугубляется во всем мире поскольк-

ку районы, испытывающие засуху, быстро расширяются из-за неравномерного выпадения осадков, ограниченности источников воды и других быстрых и резких изменений в глобальных экологических условиях.

Засуха, как стресс фактор способствует инициированию нарушения окислительно-восстановительного баланса в растительных клетках, что приводит к повышению уровня содержания активных форм кислорода, запускающих цепь окислительных реакций [5, 7, с. 1670-1672]. Для сдерживания развития окислительного стресса растения активизируют антиоксидантную ферментативную систему защиты, включающую как низкомолекулярные небелковые антиоксиданты, так и специфические ферменты [3, с. 124-133, 6, с. 37-43, 9, с. 50-62, 10]. Пероксидаза входит в состав ферментов, более чувствительных к изменению условий роста растений. Благодаря этому ферменту происходит регуляция жизненно важных процессов в организме растений, а также их адаптация и устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды.

В задачу исследований входило изучение изменения активности фермента пероксидазы в листьях деревьев сливы и яблони, выращенных в оптимальных условиях (деревья с орошением) и водного дефицита.

Материалы и методы исследований

Опыты, проводились в лизиметрах Института Генетики, Физиологии и Защиты Растений, Государственого Университета Молдовы, согласно установленной схеме эксперимента в период вегетации на деревьях поздних сортов сливы – Стенлей и Удлинённая, а также на зимних сортах яблони – Голден Спур и Гренни Смит (таб. 1).

Таблица 1. Схема эксперимента

№	Варианты	Проведение корневой обработки в период вегетации
1.	Опытный вариант: растения, выращенные в условиях водного дефицита (моделирование засухи в лизимитрах путем покрытия почвы пленкой вокруг плодовых деревьев).	В начале периода вегетации (март), в грунт вокруг деревьев сливы и яблони были добавлены микроэлементы.
2.	Контрольный вариант: растения, выращенные в оптимальных условиях (с орошением)	В начале периода вегетации (март), в грунт вокруг деревьев сливы и яблони были добавлены микроэлементы.

Для определения изменения активности пероксидазы в листьях применяли методику Ермакова А. И. [4]. Статистическую обработку полученных результатов проводили в программе Microsoft Office Excel.

Результаты исследований

В период вегетации в листьях плодовых деревьев исследуемых сортов, как в контрольном, так и в опытном варианте наблюдался рост активности пероксидазы. Повышение уровня активности изучаемого фермента установлено в листьях сливы сортов Стенлей и Удлиненная в 3 декаде мая. В этот же период повышение активности пероксидазы наблюдалось в листьях яблони сорта Гренни Смит, у сорта Голден Спур рост ферментативной активности отмечается в начале второй декады июня месяца.

Определено, что максимальные значения активности пероксидазы были выявлены в наиболее жаркий и засушливый месяц, которым был июль. В данный период в листьях деревьев сливы и яблони мы наблюдали резкое повышение уровня активности фермента. Из литературы известно [2, с. 135-137], что высокая ферментативная активность пероксидазы указывает на наличие оксидативных веществ, как пероксида водорода и др. веществ в клетках растений и необходимостью

их детоксикации. Полученные результаты показали, что самый высокий уровень ферментативной активности пероксидазы в июле месяце был выявлен в листьях яблони сорта Голден Спур - 0,47; 0,6 ед. опт. плотности г/с и у сорта Гренни Смит – 0,37; 0,43 ед. опт. плотности г/с. В листьях сливы этот показатель составил у сорта Удлиненная – 0,080 и 0,085 ед. опт. плотности г/с, а у сорта сливы Стенлей – 0,075; 0,081 ед. опт. плотности г/с.

В период вегетации деревьев при замедлении и прекращении роста побегов в листьях сливы сорта Удлиненная мы наблюдали снижение уровня ферментативной активности. Это явление связано с тем, что в этой фенофазе обычно происходит накопление запасных веществ, рост плодов, а также протекают другие физиологические процессы в растениях.

Проведенные опыты показали, что в зависимости от условий выращивания у изучаемых сортов сливы и яблони наблюдался разный уровень ферментативной активности пероксидазы (рис. 1).

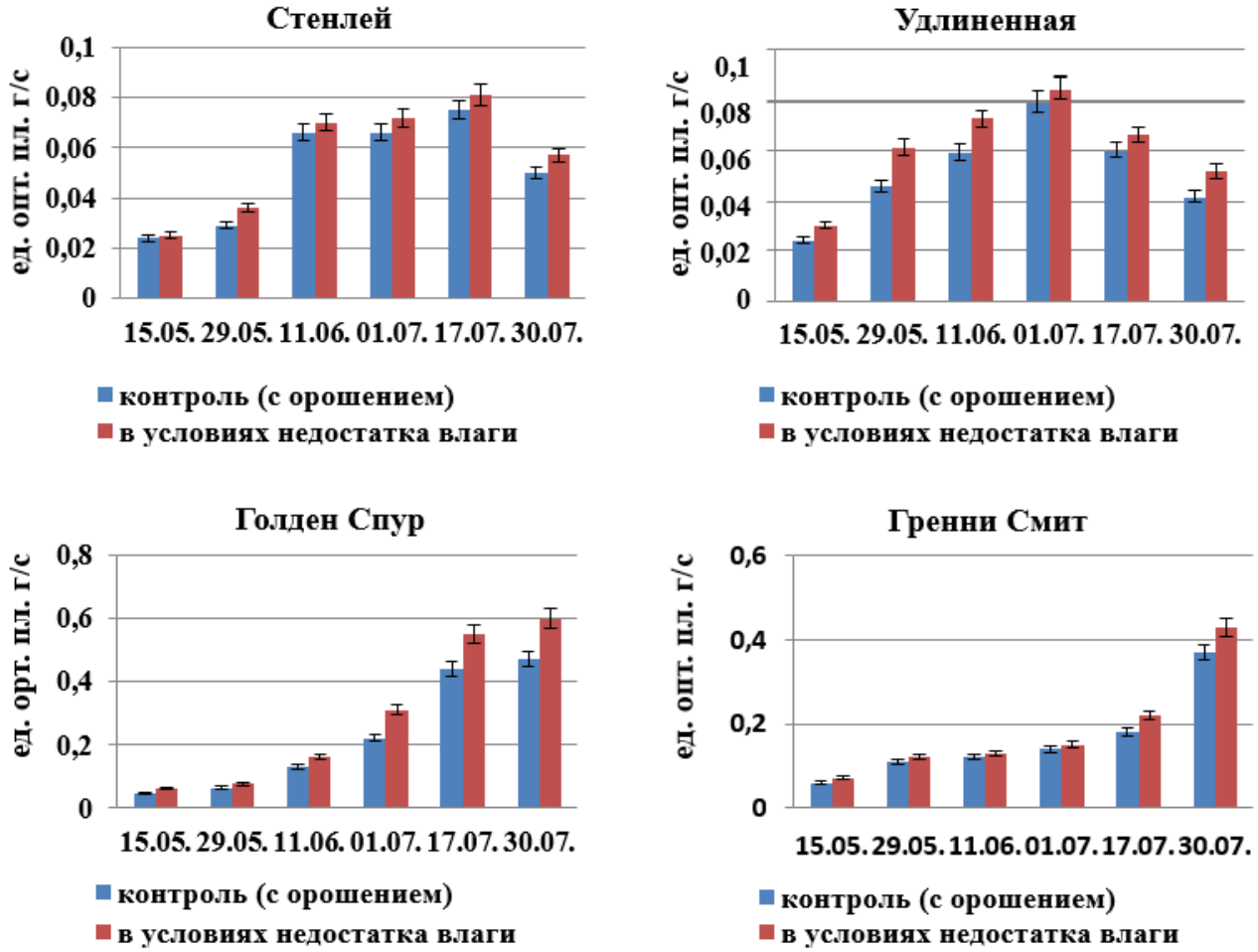


Рисунок 1. Изменение активности пероксидазы в листьях деревьев изучаемых сортов сливы и яблони, в зависимости от генотипа и условий выращивания

Определено, что у исследуемых сортов сливы и яблони в контрольном варианте, где растения находились в оптимальных условиях полива, ферментативная активность пероксидазы была ниже по сравнению с растениями, которые росли в условиях водного дефицита. Таким образом, у сорта сливы Стенлей эта разница между контрольным и опытным вариантом, варьировала в пределах от 4,0% до 24,1%, у сорта Удлиненная от 6,3% до 32,6%. В листьях яблони этот показатель составил у сорта Голден Спур – 17,2% и 40,1%, а у сорта Гренни Смит– 8,1% и 22%.

Средние данные, полученные у исследуемых растений в период вегетации, показали, что наибольший уровень ферментативной активности пероксидазы, как в контрольном, так и в опытном варианте наблюдался в листьях яблони сортов Голден Спур и Гренни Смит и соответственно наименьший уровень ее активности выявлен в листьях сливы сортов Стенлей и Удлиненная (таб. 2).

Такие отличительные особенности в ферментативной активности пероксидазы в листьях связывают с засухоустойчивостью плодовых деревьев. По мнению некоторых авторов [1, с. 110-111], косточковые породы деревьев, являются более засухоустойчивыми, могут культивироваться без орошения по сравнению с семечковыми культурами, которые требовательны к воде.

Таблица 2. Характеристика активности фермента пероксидазы в исследуемых листьях сливы и яблони в период вегетации

Вид/ сорт	Средние данные активности фермента пероксидазы	
	Контроль (деревья с орошением), ед. опт. плотности г/с	Опыт (деревья выращиваемые в условиях водного дефицита), ед. опт. плотности г/с
слива сорт Станлей	0,052±0,02	0,057±0,04
слива сорт Удлиненная	0,057±0,02	0,061±0,03
яблоня сорт Голден Спур	0,23±0,18	0,29±0,22
яблоня сорт Гренни Смит	0,16±0,1	0,19±0,12

В третьей декаде июля месяца в листьях изучаемых сортов сливы мы наблюдали уменьшение уровня ферментативной активности пероксидазы. Эти изменения соответствовали началу созревания плодов. У исследуемых сортов яблони в этот период был установлен самый высокий уровень активности фермента. Это явление объясняется тем, что у плодов яблони более поздние сроки созревания по сравнению со сливой.

Анализ полученных данных показал, что активность фермента пероксидазы в листьях зависела, как от условий роста в течение вегетационного периода, так и от биологических особенностей сорта и метаболических процессов, протекающих в определенные фенофазы развития деревьев.

Выводы

1. Опыты показали, что плодовые деревья в период вегетации проявили ответную реакцию на стресс - факторы окружающей среды. Так, в листьях изучаемых сортов сливы и яблони, выращенных в условиях водного дефицита, наблюдался более высокий рост активности фермента пероксидазы по сравнению с контрольным вариантом.
2. Сравнительный анализ показал, что в период вегетации деревьев наиболее высокий уровень активности пероксидазы, как в контрольном, так и в опытном варианте наблюдался в листьях исследуемых сортов яблони по сравнению со сливой.
3. Определено, что активность пероксидазы в листьях сливы и яблони, зависела от различных факторов: условий среды, интенсивности обменных процессов протекающих в определенные фенофазы роста и развития деревьев, а также от биологических особенностей исследуемых сортов.

Литература:

1. АНДРЕЕНКО, С. С. и др. *Физиология сельскохозяйственных растений.* Москва: Издательство Московского Университета.1968, Т. 10, с. 110-111.
2. БЕКТУРОВА, А. Ж. и др. *Активность ферментов антиоксидантной защиты в условиях температурного стресса и засухи. Современные подходы и методы в защите растений: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием,* Екатеринбург, 12-14 ноября 2018 г. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018, с. 135-137.
3. ВАФИНА, Г. Х., ИВАНОВ, Р. С., ИВАНОВА, Э. А. *Анализ пероксидазной активности в супраструктурах клеточных ядер при развитии этиолированных зародышей пшеницы. Экобиотех,* 2018, Том 1, № 3, с. 124-133. ISSN 2618-964X.
4. ЕРМАКОВ, А. И. и др. *Методы биохимического исследования растений*. Ленинград, Агропромиздат. 1987, 430 с.

5. КОШКИН, Е. II. *Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур*. М.: Дрофа, 2010. 638 с.
6. МИШКО, А. Е., ЛУЦКИЙ, Е. О. *Динамика активности пероксидазы и ее изоформ в листьях разных сортов яблони. Труды по Прикладной Ботанике, Генетике и Селекции* 182(3), 2021, с. 37-43. ISSN 2227-8834 (Print) ISSN 2619-0982 (Onlin)
7. МУРАШЕВ, С. В., ГОНЧАРОВА, Э. Г., БОБКО, А. Л. *Ферметативная активность в тканях растений в состоянии покоя и её связь с продуктивностью и хранением запасающих органов в охлаждённом состоянии. Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013, т. 15, № 3 (5), с. 1670-1672.
8. САИТЖАНОВ, Ш. А., АЗИМОВ, А. А. ЗИЯЕВ, З. М. *Активность фермента пероксидазы в сортообразцах Маша (vigna radiata l.) в разных условиях водообеспеченности. Iinternational scientific journal,* volume 1, ISSUE 8 UIF-2022: 8.2, pp. 1026-1029. ISSN: 2181-3337.
9. ŞTEFÎRŢĂ, A., ALUCHI, N. și al. *Antrenarea enzimelor peroxidice în protecția antioxidativă a plantelor în condiții de secetă. Buletinul academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții.* 2011,1(313), pp.50-62. ISSN 1857-064X.
10. SZALAY, L., HEGEDÛS, A., STEFANOVITS-BÁNYAI, É. *Presumable protective role of peroxidase and polyphenol oxidase enzymes against freezing stress in peach (Prunus persica /L./ Batsch). Proceedings of the 8th Hungarian Congress on Plant Physiology and the 6th Hungarian Conference on Photosynthesis*, 2005. Volume 49(1-2):121-122, 2005.

N. B.: *Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011101 Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării.*

Date despre autori:
Valentina SVETLICENCO, cercetător științific în biologie, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0002-7376-949X
E-mail: valentina.svetlicenco@gmail.com
valentina.svetlicenco@sti.usm.md

Ana POPOVICI, cercetător științific în biologie, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0009-0000-9543-0625
E-mail: ana.popovici@sti.usm.md

Prezentat: 27.02.2025