

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА  
ИНСТИТУТ БОТАНИКИ, ФИЗИОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ РАСТЕНИЙ**

**УДК:581.137.3/4(575.3)  
ББК:28.59(2Т)  
Д-46**

**На правах рукописи**

**ДИЛОВАРОВА НИГИНА СИФАТШОЕВНА**

**ОРГАНОСПЕЦИФИЧНОСТЬ ПРО-АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ У  
РАСТЕНИЙ *SOLANUM TUBEROSUM L.***

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

на соискание учёной степени кандидата  
биологических наук по специальности  
03.01.05 – Физиология и биохимия растений

**ДУШАНБЕ – 2024**

Научная работа выполнена в лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии растений Института ботаники, физиологии и генетики растений Национальной академии наук Таджикистана.

**Научный руководитель:**

**Алиев Курбон** - член-корреспондент НАН Таджикистана, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией молекулярной биологии и биотехнологии растений НАНТ, заслуженный деятель науки и техники Республика Таджикистан

**Официальные оппоненты:**

**Сабурова Анна Мухамадиевна** - профессор кафедры биохимии ГОУ «Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино».

**Атоев Мухаммадиршод Хизбулоевич** - кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры естественных и математических наук Академии государственного управления при Президенте Республики Таджикистан

**Ведущая организация:**

Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемура

Защита диссертации состоится «19» сентября 2024г. В 14<sup>00</sup> часов. на заседании диссертационного совета 6Д.КОА-038 при Таджикском национальном университете по адресу: 734025, г. Душанбе, ул. Буни-Хисорак, корпус №16. E-mail: [tnu@mail.tj](mailto:tnu@mail.tj)

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в Центральной библиотеке Таджикского национального университета по адресу 734025: г. Душанбе, пр. Рудаки 17 и на официальном сайте ТНУ [www.tnu.tj](http://www.tnu.tj)

Автореферат разослан “\_\_\_” 2024г.

**Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат биологических наук**



**Ибрагимова С.И**

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Абиотические стрессы являются одними из основных факторов, ограничивающих продуктивность сельскохозяйственных культур, и представляют серьезную угрозу продовольственной безопасности во многих регионах мира (Rai et al., 2011; Teixeira et al., 2007).

Засуха и солевой стресс нарушают многие физиологические и биохимические процессы растений, вызывая осмотический стресс, ионный дисбаланс и токсичность, дефицит микро- и макроэлементов и окислительный стресс (Haritha, 2017). В конечном итоге эти условия взаимодействуют с клеточными компонентами, особенно с ДНК, белками и липидами, что негативно влияет на рост и развитие растений (Zhu, 2002).

Растения обладают различными физиологическими, биохимическими и молекулярными механизмами, обеспечивающими устойчивость к абиотическим стрессам, например, инициируют выработку различных белков и осмолитов, которые поддерживают ионный и водный гомеостаз. Стрессы любой природы вызывают, в первую очередь, окислительный стресс, сопровождающийся выработкой избыточных активных форм кислорода (АФК), в том числе супероксид - анион радикал кислорода ( $O_2^-$ ), перекиси водорода ( $H_2O_2$ ), синглетного кислорода ( $O_2^+$ ) и гидроксильного радикала водорода (ОН). В растениях функционирует сложная система антиокислительной и антиоксидантной защиты, в которой участвуют такие ферменты, как супероксиддисмутаза, пероксидаза, каталаза, полифенолоксидаза, аскорбатпероксидаза, гвяколпероксидаза, глутатионредуктаза, а также неферментативные компоненты, такие как пролин, некоторые фенольные соединения, глутатион и др. Компоненты антиоксидантной защиты локализованы в субклеточных структурах, и в различных органах растений (листья, корни). В зависимости от толерантности и чувствительности генотипов растений проявляются различные вариации экспрессии генов, ответственных за синтез антиоксидантных ферментов, локализованных в различных компартментах клетки (Гарифзянов, 2011; Munns et al., 2008). Функциональные, зависимости в норме и при стрессе мало изучены, что подчёркивает актуальность выбранной нами темы диссертационной работы.

**Степень научной разработанности изучаемой проблемы.** Изучение про- и антиокислительных систем защиты растений от экологических факторов является важнейшим вопросом современной физиологии и биохимии растений. Начало этих исследований было заложено в работе сотрудников лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии Института ботаники, физиологии и генетики растений НАН Таджикистана (Алиев и др., 2007).

**Связь исследования с программами (проектами), научной тематикой.** Данная работа выполнена согласно проекту лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии Института ботаники, физиологии и генетики растений Национальной академии наук Таджикистана №ГР

0116 Тj 00540 «Молекулярно-генетические механизмы устойчивости и продуктивности растений, полученных на основе методов биотехнологии» [2016-2020].

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Цель исследования** - Изучение органоспецифических особенностей про- и антиоксидантной системы растений *in vitro* и *ex vitro* в условиях засухи.

**Задачи исследования:**

1. Определение содержания фотосинтетических пигментов *in vitro* и *ex vitro* в условиях водного дефицита;
2. Определение содержания прооксидантов: АФК (супероксид анион-радикал кислорода) и Н<sub>2</sub>О<sub>2</sub> у контрастных генотипов картофеля;
3. Изучение органоспецифичности перекисного окисления липидов у растений картофеля в условиях *in vitro* и *ex vitro* при стрессорном воздействии;
4. Определение активности антиоксидантных ферментов в разных органах растений (листьях, корнях) *in vitro* и *ex vitro*;
5. Влияние циклогексимида на активность про- и антиоксидантных систем в условиях ингибирования трансляционного аппарата *in vitro* и *ex vitro*.

**Объекты исследования:** 2 перспективных клонов, гибридов картофеля (*Solanum tuberosum L.*) (№26 и №52/6), полученные из Международного центра картофеля СИП (Лима, Перу), а также новый отечественный сорт картофеля Таджикистан и голландский сорт Пикассо.

**Предмет исследования.** Изучение органоспецифичности про- и антиоксидантной системы у растений *Solanum tuberosum L.*

**Научная новизна исследования.** Показано, что при переводе растений из условий *in vitro* в *ex vitro* содержание хлорофиллов и каротиноидов существенно отличается. Формирование светособирающего комплекса пигментов фотосинтеза в условиях стресса (засухи) зависит от времени воздействия и от генотипа

Впервые показана органоспецифичность активности антиоксидантных ферментов. Установлено, что активность гвяяколпероксидазы и каталазы в условиях *in vitro* была значительно ниже, чем в условиях *ex vitro*

Выявлено, что при продолжительном выдерживании растений-регенерантов в условиях засухи активность гвяяколпероксидазы в листьях значительно ниже, чем в корнях; и наоборот, активность каталазы в листьях выше, чем в корнях. Активность каталазы в листьях при продолжительной экспозиции в условиях засухи менялась значительно больше, чем в корнях как у растений-регенерантов, так и у сортов картофеля. Оптимальное значение активности фермента каталазы соответствует pH 5,6 и гвяяколпероксидазы pH 7,6.

Выявлено, что степень функционирования системы эндогенной защиты в условиях стресса в хлоропластах более высокая, чем в цитозоле

Показана роль ингибитора трансляционной системы на активность про- и антиоксидантов в динамике воздействия стресса

**Теоретическая и научно-практическая значимость исследования.** Результат исследования заключается в изучении роли антиоксидантных ферментов в усилении устойчивости растений к воздействию стрессовых факторов и является частью физиологии и биохимии растений. На основе полученных результатов выявлено, что клон №26 существенно отличается по устойчивости и продуктивности. Соотношение про- и антиоксидантной системы защиты корней можно рекомендовать для ранней диагностики устойчивости растений к стрессу клон №26 можно рекомендовать для производства.

Полученный экспериментальный результат можно использовать для чтения курсов по молекулярным основам устойчивости для Вузов Таджикистана. Выявленный клон №26 можно рекомендовать для производственного испытания в картофелеводческие регионы Таджикистана.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Органоспецифичность ферментов антиоксидантной защиты растений: более высокая функциональная активность пероксидазы в корнях растений, а каталазы - в листьях.
2. Активация процессов перекисного окисления липидов и функционирование антиоксидантных ферментов при переводе растений картофеля из условий *in vitro* в *ex vitro* в зависимости от генотипа.
3. Выдвигается гипотеза, согласно которой перекись водорода, как эволюционный предшественник воды, участвует в поддержании водного гомеостаза клетки и играет существенную роль в повышении устойчивости растений в условиях действия стрессора.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность научных результатов получена на основе современных методов биотехнологии, физиологии и биохимии, подтверждена достаточной повторностью и корректной статистической обработкой, а также использованием современного оборудования и уникальных реагентов.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности (с объяснением и отраслью исследований).** Проведенные исследования относятся к биологической науке, особенно к отраслям молекулярной биологии, биохимии и физиологии растений. Отраслью исследования является физиология и биохимия растений.

Диссертация соответствует нескольким главам паспорта специальности 03.01.05 – Физиология и биохимия растений

**В соответствии с главой 1.** Изучены содержания фотосинтетических пигментов *in vitro* и *ex vitro* в условиях водного дефицита. Показано, что при переводе растений из условий *in vitro* в *ex vitro* содержание хлорофиллов и каротиноидов существенно отличается.

**В соответствии с главой 8.** Выявлено, что при продолжительной экспозиции растений-регенерантов картофеля в условиях засухи активность гваяколпероксидазы в листьях значительно ниже, чем в корнях; и наоборот, активность каталазы в листьях выше, чем в корнях.

**В соответствии с главой 4.** Изучен ряд физиолого-биохимических свойств активности антиоксидантных ферментов в разных органах растений (листьях, корнях) в условиях *in vitro* и *ex*

**Личный вклад соискателя ученой степени в исследования.** Личный вклад состоит в подборе материалов для исследования, проведение экспериментов и обработке результатов, написании статей и проведении лабораторных работ и их анализа. **Апробация и реализация результатов диссертации:** Основные результаты и положения диссертации были представлены на: Республиканской научно-практической конференции «Биоразнообразие горных экосистем Памира в связи с изменением климата» (Душанбе, 2021); IX-ой Международной конференции «Экологические особенности биологического разнообразия» (Куляб, 2021), Международной научной конференции «Становление и развитие экспериментальной биологии в Таджикистане» (Душанбе, 2022); XV Международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития» (Москва, 2023), а также были обсуждены на семинарах лаборатории молекулярной биологии и биотехнологии растений и на ученом совете ИБФ и ГР НАНТ.

Полученные результаты используются при чтении спецкурса по физиологии и биохимии растений в ВУЗах биологического и сельскохозяйственного профиля.

**Публикация результатов исследований.** По теме диссертации опубликовано 11 работ, 5 из них входят в перечень ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 150 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 6 глав, обсуждения, заключения, практических рекомендаций, списка цитируемой литературы, который содержит 172 источника (74 отечественных и стран СНГ и 98 авторов дальнего зарубежья), работа иллюстрирована 19 таблицами и 37 рисунками.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

### Условия, объекты и методы исследований

Объектами исследований служили пробирочные растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.), полученного из Международного Центра Картофеля CIP (Перу, Лима). В схему опытов были включены клон-гибриды, отобранные нами путем скрининга в культуре *in vitro* на устойчивость

к воздействию стрессоров (засуха). Пробирочные растения клонировали в среде Мурасиге-Скуга, содержащей макро- и микросоли, фитогормоны и витамины, и выращивали в течение 25 дней в фитотроне с фотопериодом 16/8 ч. света. Часть растений переносили в водно-солевой раствор и выращивали в зависимости от задачи эксперимента (опыт *ex vitro*). Активность СОД у клон-гибридов картофеля №26 и №52/6 определяли по ингибираванию ферментом фотохимического восстановления нитросинего тетразолия согласно методу, описанному в работе (Борисова и др., 2012; Giannopolitis, Ries, 1977). Содержание перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) определяли по реакции с хлоридом титана ( $TiCl_4$ ) (Brennan, Frenkel, 1977). Активность гвяжколпероксидазы определяли согласно методу (Nakano, Asada, 1981) с некоторой модификацией. Активность каталазы определяли согласно методу (H. Aebi 1984) с некоторой модификацией.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

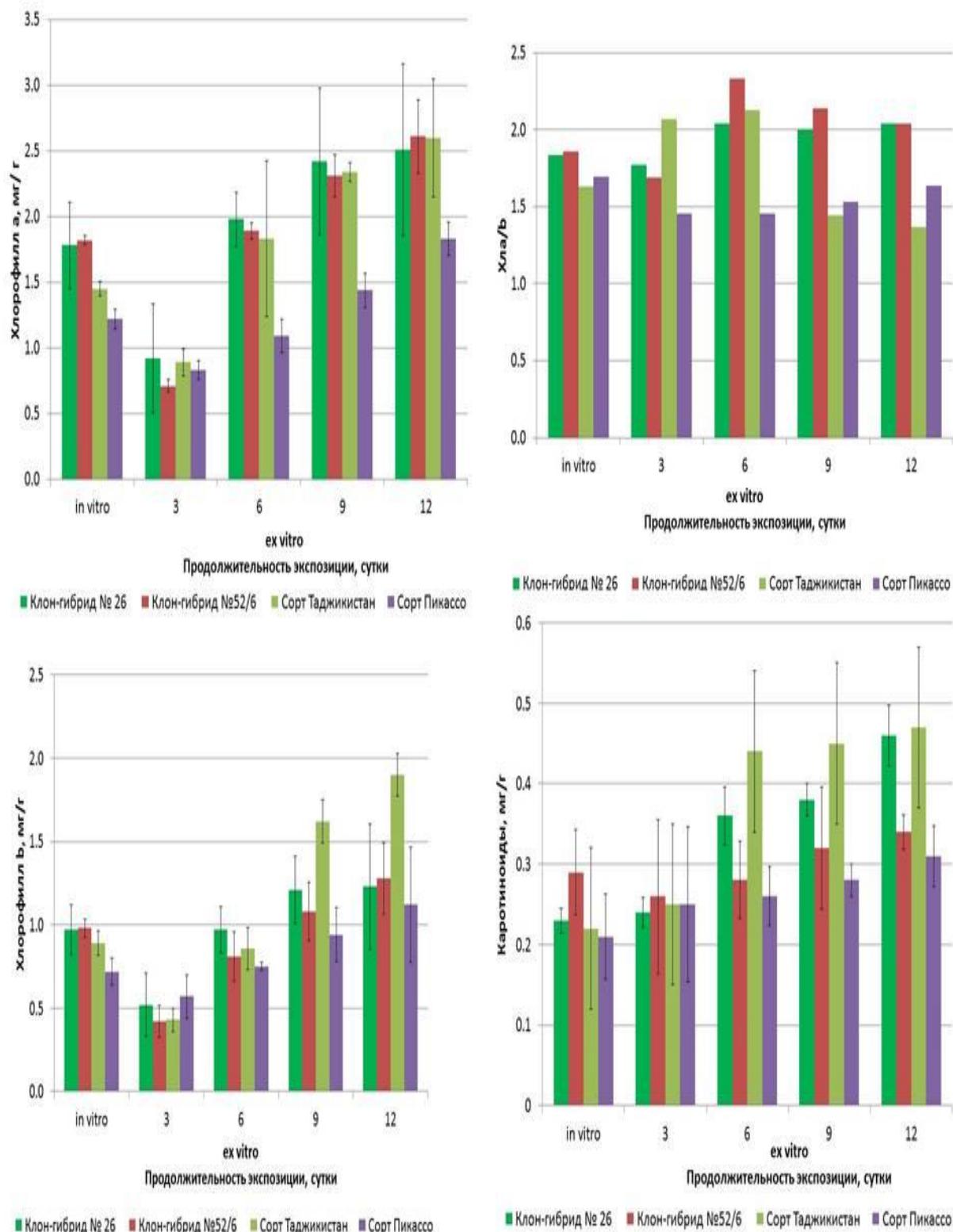
### **Содержание фотосинтетических пигментов картофеля (*Solanum tuberosum L.*) в условиях *in vitro* и *ex vitro***

Исследование фотосинтетических пигментов в зависимости от условий культивирования *in vitro* и *ex vitro* до сих пор остается мало изученным и является актуальной задачей для выяснения механизмов запуска системы защиты растений как в норме, так и в условиях воздействия стрессовых факторов.

Содержание фотосинтетических пигментов при кратковременной адаптации в условиях *ex vitro* в первые 3-е суток снижалось примерно на 50%. В дальнейшем (6-е сутки) содержание ХЛ *a* и ХЛ *b* и их соотношение увеличиваются и остаются на стабильном уровне при последующем выдерживании растений в водно-солевой среде (9-12 суток) (Рисунок 1). Соотношение ХЛ *a*/ХЛ *b* составляет более 2.0 на 9-е сутки выращивания растений в условиях *ex vitro* и не изменяется при последующем выращивании. Общее содержание хлорофиллов у изученных клон-гибридов (№26 и 52/6) и сортов картофеля в 1.5-2 раза выше, чем в условиях *in vitro* (Рисунок 1).

Содержание каротиноидов у изученных генотипов в условиях *in vitro* варьирует в диапазоне от 0.2 до 0.52 мг/г сырой массы. Содержание каротиноидов у клон-гибрида №26 и сорта Таджикистан несколько выше, чем у клон-гибрида №52/6 и сорта Пикассо (Рисунок 1).

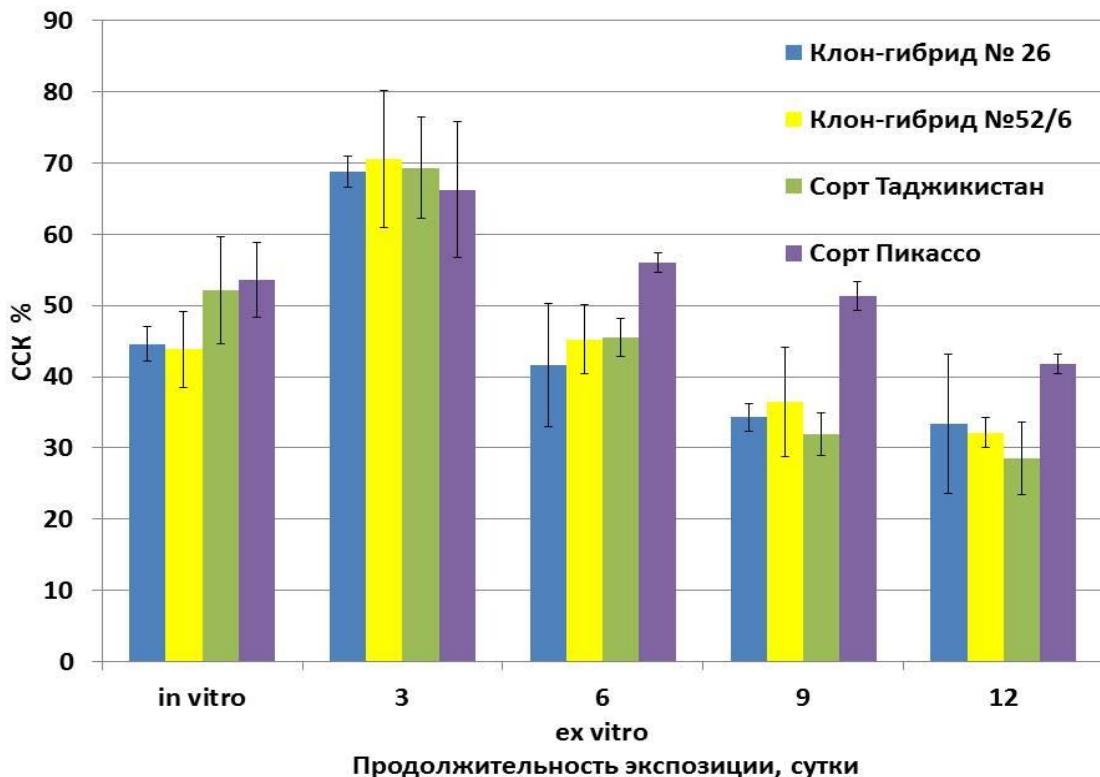
Следует отметить, что в условиях *ex vitro* (фототрофии), т. е. при переводе растений-регенерантов из агариованной в водно-солевую среду, содержание каротиноидов увеличилось при 6-12-х суточной экспозиции.



**Рисунок 1. Зависимость содержания хлорофиллов и каротиноидов от продолжительности экспозиции в условиях *in vitro* и *ex vitro*, мг/г сырой массы**

Было бы интересно рассчитать долю хл *a* в ССК, исходя из того, что весь хл *b* находится в ССК и соотношение хл *a*/хл *b* для этого комплекса равно 1.2 (Дымова и др., 2007; Lichtenthaler, 1987).

Как видно из данных рисунка 2, доля хлорофилла, входящего в состав ССК в условиях *in vitro* и *ex vitro* у изученных генотипов резко отличается. Так, в условиях *in vitro* доля хл *a* составила в среднем 40-43%. В условиях *ex vitro* этот показатель увеличился на 30-35% при 3-х суточной экспозиции и до 66-70% в последующие сутки.



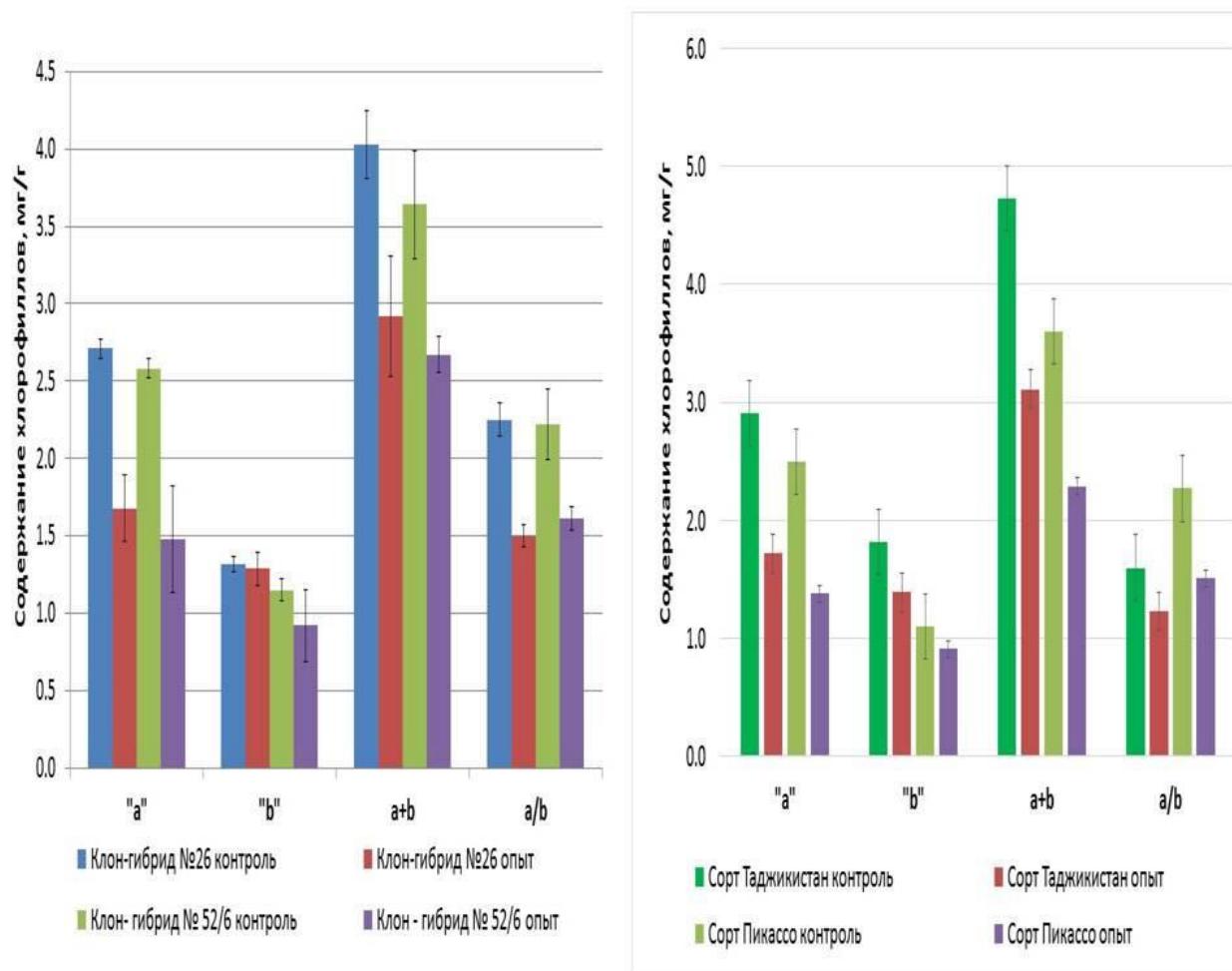
**Рисунок 2. Доля хл *a* в ССК в условиях *in vitro* и *ex vitro* у растений-регенерантов картофеля**

Исходя из полученных данных можно предположить, что в условиях культуры *in vitro* растения испытывают недостаток света для биосинтеза и полного функционирования фотосинтетических пигментов, и по этой причине доля хл *a* в сумме хлорофиллов значительно ниже, а в условиях *ex vitro* содержание хл *a* повышается, что указывает на относительно стабильное функционирование фотосинтетической функции хлоропластов и, возможно, в культуре *in vitro* повышенный фон макро- и микроэлементов, витаминов, сахарозы и агара в комплексе оказывает двойное воздействие: с одной стороны, способствует росту регенерантов, а с другой - ингибирует синтез фотосинтетических пигментов, особенно хл *a*.

Возможно, повышение содержания хл *a* по отношению к хл *b* в условиях *ex vitro* свидетельствует об увеличении количества (числа) светособирающих комплексов фотосинтетического аппарата и реакционных центров фотосистемы I и II. Это, видимо, обеспечивает возрастание скорости переноса электронов в электрон-транспортной системе фотосинтетического аппарата. На этом фоне очень важно понять роль оксидантных и

антиоксидантных систем как в условиях *in vitro*, так и в условиях *ex vitro* и их взаимосвязь с формированием и усилением фотосинтетической функции хлоропластов.

Следует отметить, что дифференциальный биосинтез хлорофиллов проявился в условиях водного дефицита. Данные рисунка 3 показывают, что в этих условиях содержание хл *a* у изученных генотипов (клон-гибриды №26 и 52/6) и сортов (Таджикистан и Пикассо) резко снижалось и составило 62% от контроля. Содержание хл *b* снизилось в меньшей степени и составило 27% от контроля. Снижение содержания хл *a*, соответственно, отразилось на соотношении хлорофиллов, которое составило в опыте 1.61 и, напротив, 2.25 в контроле. Общее содержание хлорофиллов в условиях недостатка воды (ПЭГ-6000) у опытных растений составило 2.9-2.7 мг/г сырой массы и 4.03-3.64 у клон-гибридов №26 и 52/6 соответственно, то есть содержание зелёных пигментов снизилось в среднем на 32%.



**Рисунок 3. Влияние ПЭГ- 6000 на содержание фотосинтетических пигментов в условиях *ex vitro***

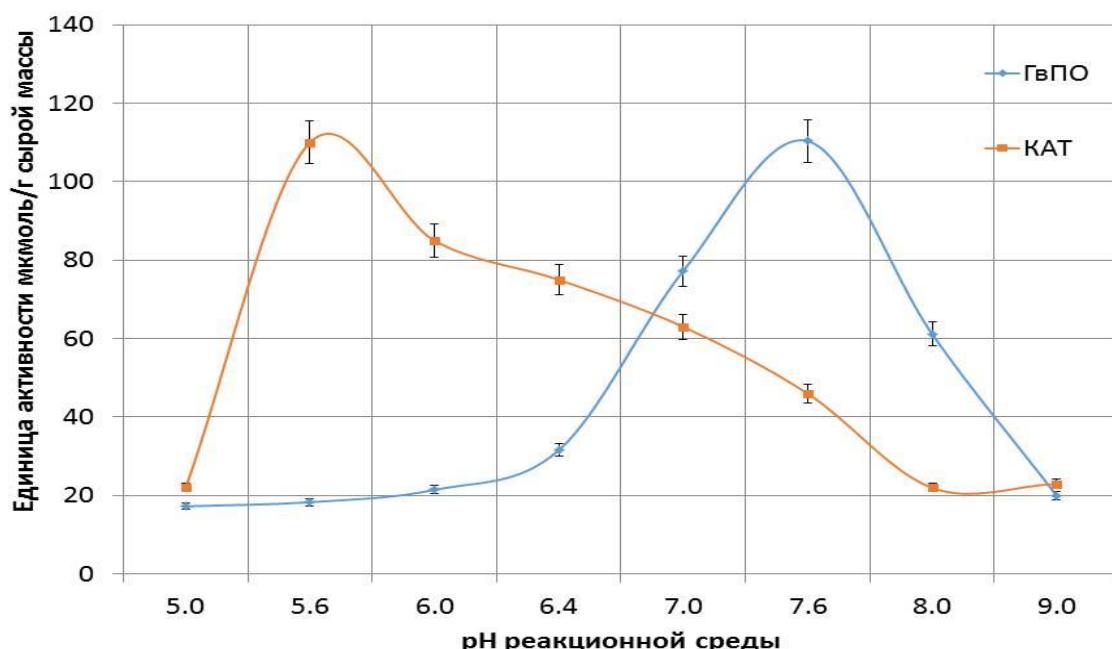
Таким образом, полученные данные подтверждают положение о большей чувствительности хл *a* к стрессору, чем хл *b* в ПЭГ- 6000 условиях водного дефицита, засоления

и других экстремальных природных факторов, а снижение общего содержания хлорофиллов в основном связано с уменьшением содержания хл *a*.

В условиях *in vitro* и *ex vitro* содержание хлорофиллов и каротиноидов существенно отличалось и оказывало определенное влияние на сборку ССК комплекса фотосистемы. Можно предположить неоднозначность роли ССК в формировании и функционировании фотосинтетического аппарата, что может являться одним из показателей адаптации растений в стрессовых условиях внешней среды.

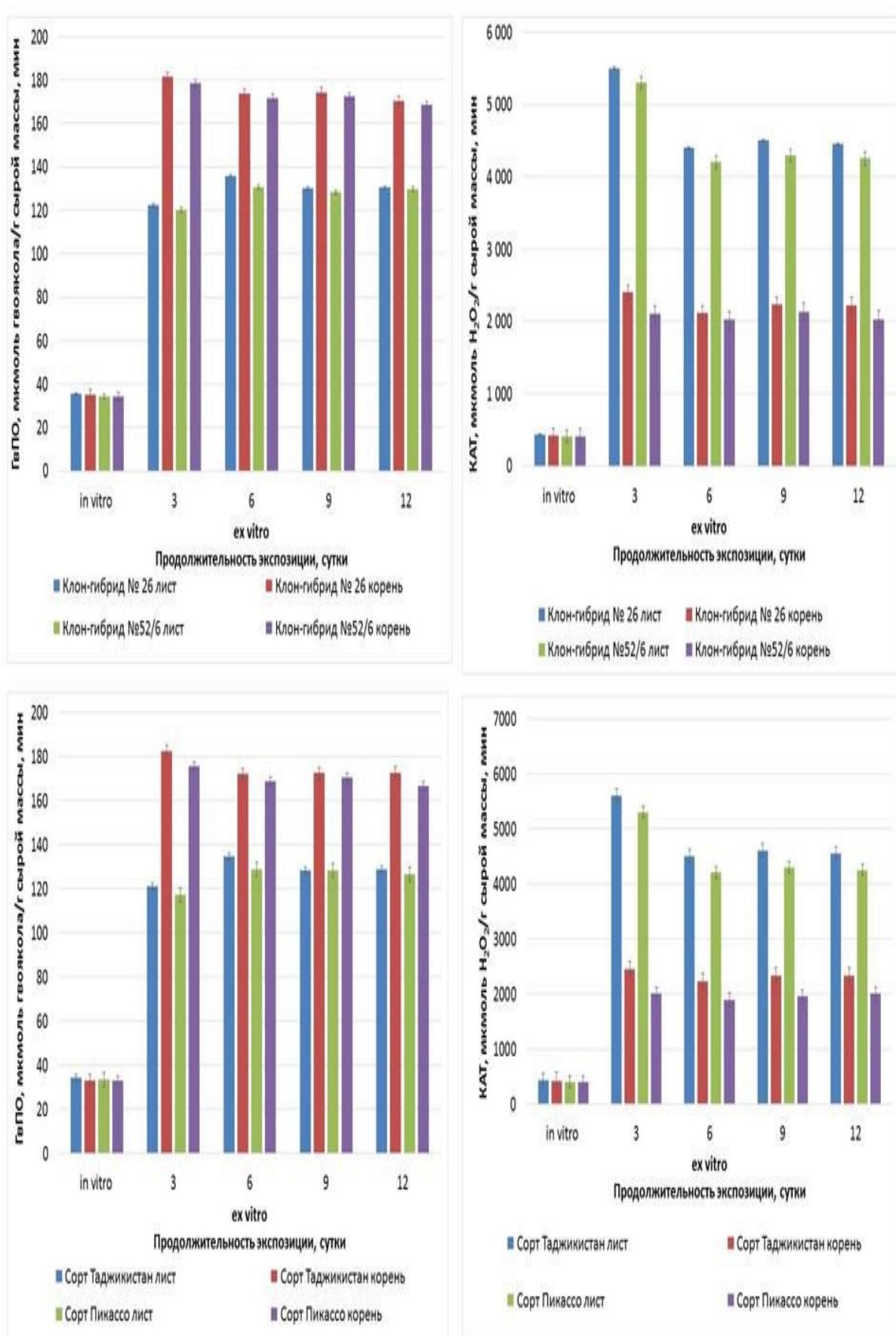
#### **Антиоксидантная система в условиях *ex vitro***

Для того, чтобы измерять активность фермента пероксидазы, необходимым является определение оптимума функции в зависимости от pH-буфера для экстракции. pH реакционной среды влияет на уровень ионизации функциональных группировок активных центров ферментов. Как видно из рисунка 5, зависимость активности ферментов каталазы и гвяколпероксидазы от pH-среды существенно отличалась. Оптимальное значение активности фермента каталазы соответствует pH-5.6, а гвяколпероксидазы pH-7.6, что было использовано нами в дальнейшей работе для определения активности антиоксидантных ферментов (Рисунок 4).



**Рисунок 4. Зависимость активности ферментов гвяколпероксидазы (ГвПО) и каталазы (КАТ) от pH-реакционной среды**

Из рисунка 5 видно, что в условиях *in vitro* активность гвяколпероксидазы и каталазы была значительно ниже, чем в условиях *ex vitro*. При переводе растений -регенерантов в условия *ex vitro* резко повысилась активность как гвяколпероксидазы, так и каталазы с последующим переходом на стационарный уровень.



**Рисунок 5. Активность гвяяколпероксидазы и каталазы в листьях и корнях растений картофеля в условиях *in vitro* и *ex vitro***

Характер проявления активности ферментов (гвяколпероксидазы, каталазы) при продолжительном выдерживании растений в условии *ex vitro* существенно отличался как в листьях, так и в корнях, т.е. активность гвяколпероксидазы в корнях в течение всего эксперимента менялась неоднозначно и была ниже, чем в листьях. Активность каталазы как в листьях, так и в корнях в течение всего эксперимента менялась значительно больше, чем активность фермента гвяколпероксидазы.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы: во-первых, системы антиоксидантной защиты у растений органоспецифичны; во-вторых, активность изученных ферментов в корнях выше, чем в листьях, это дает возможность высказывать мысль о том, что основной механизм устойчивости растений к стрессорному воздействию определяется, главным образом, сосредоточением антиоксидантов в корневой системе растений. Высокая активность гвяколпероксидазы в корнях связана с процессом лигнификации и суберинизации [Синькевич М.С. и др., 2011]. В-третьих, полученные результаты показали, что при продолжительном выращивании растений-регенерантов в условиях *ex vitro* активность каталазы в листьях была значительно выше, чем в корнях.

Таким образом, полученные в данной работе результаты позволяют заключить, что корневая система растений картофеля обладает высоким потенциалом устойчивости в отличие от листьев. Это связано с высоким уровнем активности антиоксидантных ферментов, особенно гвяколпероксидазы.

#### **Индукция антиоксидантной системы растений картофеля в условиях засухи**

Водный статус растений во многом определяет рост, развитие, продуктивность и адаптивность растений, особенно в условиях засухи. Основными показателями водного статуса являются относительное содержание воды и водный дефицит. Водный дефицит мы инициировали добавлением в среду ПЭГ. При добавлении в среду ПЭГ в условиях *ex vitro* наблюдается замедление роста растений и слабое образование корней. Следует отметить, что у клона №52/6 корневая система практически не формируется в условиях ПЭГ, а у клона №26 слабое развитие корневой системы. Нами обнаружено отличие клона №26 от клона №52/6 в условиях стресса т.е. ПЭГ.

Определение содержания воды и водного дефицита в растениях клон -гибридов картофеля в условиях кратковременной засухи (24 ч), имитируемой 6% ПЭГ-6000. В таблице 1 показано, что в контрольном варианте содержание воды в листьях генотипов картофеля №26 и №52/6 и сортов Таджикистан и Пикассо отличается незначительно (на 2%), а водный дефицит выше (на 7.8%) у растений клон -гибрида №52/6. В условиях засухи у клон-гибрида №26 содержание воды снижается в меньшей степени, чем у клон-гибрида №52/6 (на 9 и 15% соответственно). Обратную картину при воздействии ПЭГ-6000 наблюдали для показателя водного дефицита. Так, водный

дефицит у растений клон-гибрида №52/6 был почти в два раза выше, чем у клон-гибрида №26. На основании изучения влияния засухи, моделированной ПЭГ-6000, на показатели водного режима генотипов картофеля можно предположить, что растения картофеля клон-гибрида №26 и сорта Таджикистан проявляют большую устойчивость к засухе, чем клон-гибрид №52/6 и сорт Пикассо.

**Таблица 1. Влияние ПЭГ-6000 (6%) в питательном растворе на содержание воды и водный дефицит у растений картофеля**

Клон-гибриды / Сорта	Варианты опыта	Содержание воды, %	% от контроля	Водный дефицит, %	% от контроля
№26	контроль	94±4	100	14.4±1.8	100
	ПЭГ	86±2	91	16.6±1.4	116.1
№52/6	контроль	92±3	100	22.2±1.5	100
	ПЭГ	79±2	85	31.3±2.1	140.9
Таджикистан	контроль	98±0.8	100	15.3±0.7	100
	ПЭГ	88±1.0	90	17.7±0.9	115.6
Пикассо	контроль	90± 0.7	100	20.8±0.7	100
	ПЭГ	74±4	82	28.4±1.7	136.5

Известно, что МДА служит маркером ПОЛ и по динамике его накопления можно судить о развитии окислительного стресса и, следовательно, об устойчивости растений к стрессовым факторам [Синькевич М.С., и др.,2011].

Определение содержания МДА у растений двух клон-гибрида и сортов картофеля в условиях засухи показало, что кратковременное воздействие ПЭГ-6000 (24 ч) на растения привело к изменению содержания МДА (таблица 5). Наибольшее увеличение содержания МДА наблюдалось у клон-гибрида №52/6, в отличие от клон-гибрида №26. При более длительном воздействии ПЭГ-6000 (72 ч) уровень накопления МДА возрастал у обоих генотипов картофеля, у клон-гибрида №26 на 22% по отношению к контролю, тогда как в листьях клон-гибрида №52/6 содержание МДА увеличилось более чем в 2 раза по отношению к контролю. У сорта Таджикистан накопление МДА при стрессе увеличивается на 26% в течение 72ч, а у сорта Пикассо -на 67% от контроля. По этому показателю сорт Таджикистан и клон №26 существенно отличаются от сорта Пикассо и клона №52/6. Уровень накопления МДА непосредственно связан с активностью супероксиддисмутазы СОД.

Полученные результаты по накоплению МДА указывают на разный уровень устойчивости использованных нами генотипов картофеля к условиям засухи (ПЭГ). Вероятно, незначительное

изменение накопления МДА в листьях клона-гибрида картофеля №26 в условиях засухи обусловлено его большей устойчивостью, а клон-гибрид №52/6 обладает сниженным механизмом защиты от окислительного стресса, что может быть связано с различной активностью фермента СОД, участвующего в первой линии защиты растений в условиях стресса.

**Таблица 2. - Влияние ПЭГ-6000 (6%) на содержание МДА (мкм/г сырой массы) в листьях клон-гибридов картофеля**

Клон-гибриды / Сорта	Вариант опыта	Время воздействия ПЭГ-6000			
		24 ч		72 ч	
		содержание МДА	% от контроля	содержание МДА	%
№26	контроль	14.7±0.9	100	18.5±0.3	100
	ПЭГ 6%	17.9±1.2	108	22.72±1.3	122
№52/6	контроль	19.4±0.7	100	17.4±0.8	100
	ПЭГ 6%	27.4±1.7	142	38.5±1.9	223
Таджикистан	контроль	15.4±0.8	100	19.7±0.7	100
	ПЭГ 6%	18.2±1.1	118	24.9±1.0	126
Пикассо	контроль	18.7±0.9	100	16.7±0.9	100
	ПЭГ 6%	25.4±1.2	136	27.9±1.2	167

Исследование влияния засухи в модельных опытах с использованием ПЭГ-6000 показало (таблица 3), что активность антиоксидантного фермента СОД в листьях у изученных генотипов картофеля при кратковременной засухе (24 ч) отличалась незначительно как в контролльном, так и в опытном варианте. При этом общая активность фермента СОД в корнях растений картофеля в контролльном варианте была в два раза ниже, чем в листьях. Более длительное воздействие ПЭГ-6000 (72 ч) привело к увеличению активности фермента СОД в листьях растений, но в разной степени у изученных генотипов. В листьях растений клон-гибрида №26 и сорта Таджикистан активность этого фермента в условиях длительной засухи была выше, чем в контроле на 120%, а у растений №52/6 и сорта Пикассо - на 63%.

В корнях растений картофеля в условиях длительного воздействия ПЭГ-6000 (72 ч) уровень активности СОД также повышался, но был значительно ниже, чем в листьях (таблица 3).

На основании полученных данных можно заключить, что возрастание активности антиоксидантного фермента в условиях длительной засухи обусловлено наличием систем регуляции активации фермента СОД на уровне генома, либо на уровне протеома, обеспечивающего синтез этого фермента *de novo*.

**Таблица 3.- Активность СОД (ед. активности/г сырой массы) в разных частях растений при воздействии ПЭГ-6000**

Клон-гибриды / Сорта	Вариант опыта	Активность СОД			
		24 ч воздействия ПЭГ		72 ч воздействия ПЭГ	
		лист	корень	лист	корень
№26	контроль	9.83±1.32	4.45±0.65	10.22±1.74	5.11±0.44
	ПЭГ	12.44±1.92	8.55±1.62	22.53±2.43	9.45±1.47
№52/6	контроль	12.06±0.34	3.72±0.94	14.76±2.33	5.12±0.77
	ПЭГ	13.44±2.33	4.14±0.39	24.14±3.11	7.18±1.12
Таджикистан	контроль	9.88±1.2	4.85±0.75	11.02±1.85	5.71±0.56
	ПЭГ	12.85±1.62	9.55±1.72	23.33±1.03	10.0±1.09
Пикассо	контроль	10.3±1.0	3.45±0.60	15.2±0.74	5.51±0.75
	ПЭГ	11.48±1.72	4.55±1.02	20.53±2.43	6.45±1.07

Учитывая тот факт, что фермент СОД функционирует во всех компартментах клетки [Колупаев Ю.Е., и др., 2019], представляло интерес определить активность фермента в хлоропластах и цитозоле в условиях засухи у изучаемых клон-гибридов.

Результаты исследований показали (таблица 4), что в листьях клон-гибрида картофеля №26 в контролльном варианте активность СОД в хлоропластах выше, чем в цитозоле, а в листьях клон-гибрида №52/6 активность СОД в цитозоле выше, чем в хлоропластах. Такая закономерность наблюдалась как в контролльном, так и в опытном вариантах (в условиях засухи, моделируемой ПЭГ). Более того, следует отметить, что активность СОД в хлоропластах растений клон-гибрида картофеля №26 и сорта Таджикистан выше, чем у генотипа №52/6 и сорта Пикассо как в контролльном, так и в опытном вариантах. Можно предположить, что высокая активность СОД в хлоропластах клон-гибрида №26 способствует сохранению уровня МДА в клетках растений этого генотипа как в норме, так и в условиях стресса, тогда как снижение активности этого фермента в хлоропластах клон-гибрида №52/6 сопровождается более высокими значениями содержания МДА.

Более высокая активность СОД в условиях засухи в хлоропластах клон-гибрида №26 свидетельствует о том, что у этого генотипа функционирует более мощная антиоксидантная система, обезвреживающая активные формы кислорода, в отличие от генотипа №52/6.

**Таблица 4.- Активность СОД в хлоропластах и цитозоле листьев картофеля при воздействии засухи (72 ч)**

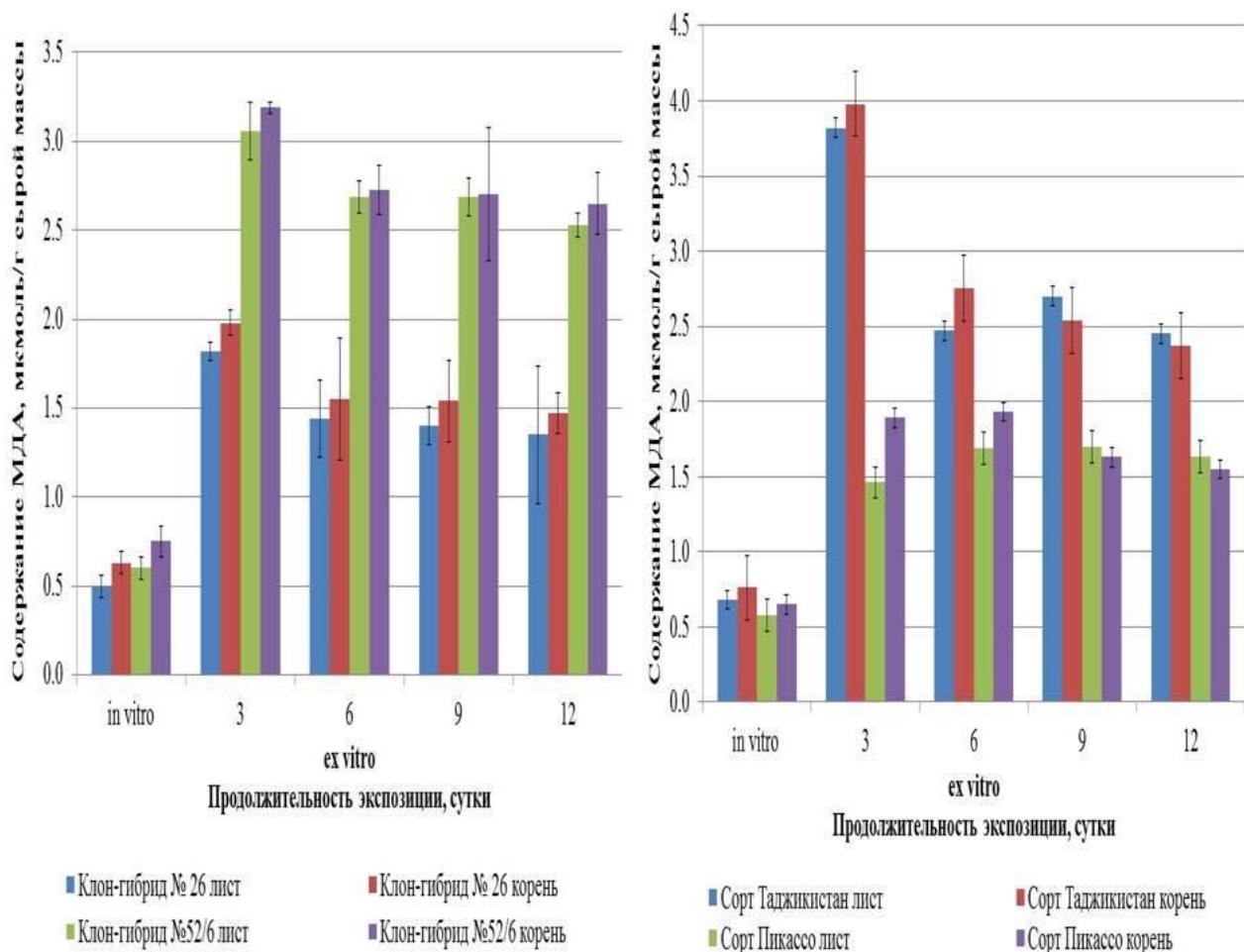
Клон-гибриды / Сорта	Вариант опыта	Активность СОД, ед. активности/г сырой массы	
		хлоропласти	цитозоль
№26	контроль	18.83±2.24	6.48±0.03
	ПЭГ	25.25±3.44	8.94±1.39
№52/6	контроль	14.93±1.39	12.44±1.74
	ПЭГ	17.72±1.98	28.53±2.28
Таджикистан	контроль	19.08±1.24	7.08±0.09
	ПЭГ	25.85±0.49	8.04±1.09
Пикассо	контроль	13.83±0.24	9.88±0.73
	ПЭГ	15.85±1.44	11.04±1.24

Таким образом, полученные нами результаты указывают на то, что изученные генотипы картофеля отличаются по интенсивности ПОЛ, активности СОД и по водному гомеостазу в условиях засухи, имитированной ПЭГ-6000. Закономерность изменчивости общей активности СОД свидетельствует о генетическом контроле синтеза фермента СОД и наличия регуляторной системы, обеспечивающей повышенный адаптационный потенциал клон-гибрида №26 в условиях воздействия стресса. Сравнительный анализ активности СОД в разных компартментах клетки (хлоропласти, цитозоль) показал, что система защиты от воздействия стрессоров в хлоропластах более высокая, чем в цитозоле, независимо от генотипов (клон №26, клон №52/6, сорт Таджикистан, сорт Пикассо).

**Перекисное окисление липидов у растений *Solanum tuberosum L.*  
в условиях *ex vitro***

Общепринятым критерием оценки уровня перекисного окисления липидов является интенсивность образования МДА. Результаты анализа содержания МДА в листьях и корнях клон-гибридов №26, 52/6 и сортов Таджикистан и Пикассо представлены на рисунок. 6.

Как видно из рисунка 6, низкое содержание МДА как в листьях, так и в корнях наблюдалось в условиях *in vitro*. При переводе растений-регенерантов в условия *ex vitro* происходило быстрое накопление МДА в течение последующего их выращивания в водно-минеральной смеси МС. Такая тенденция быстрого накопления МДА отмечалась в течение 3-х - 9-ти суток с последующим падением его содержания. Характер накопления МДА в листьях и корнях при переводе растений в условия *ex vitro* несколько отличается. Содержание МДА в листьях в первые 3 и 6 суток было гораздо выше, чем в корнях.

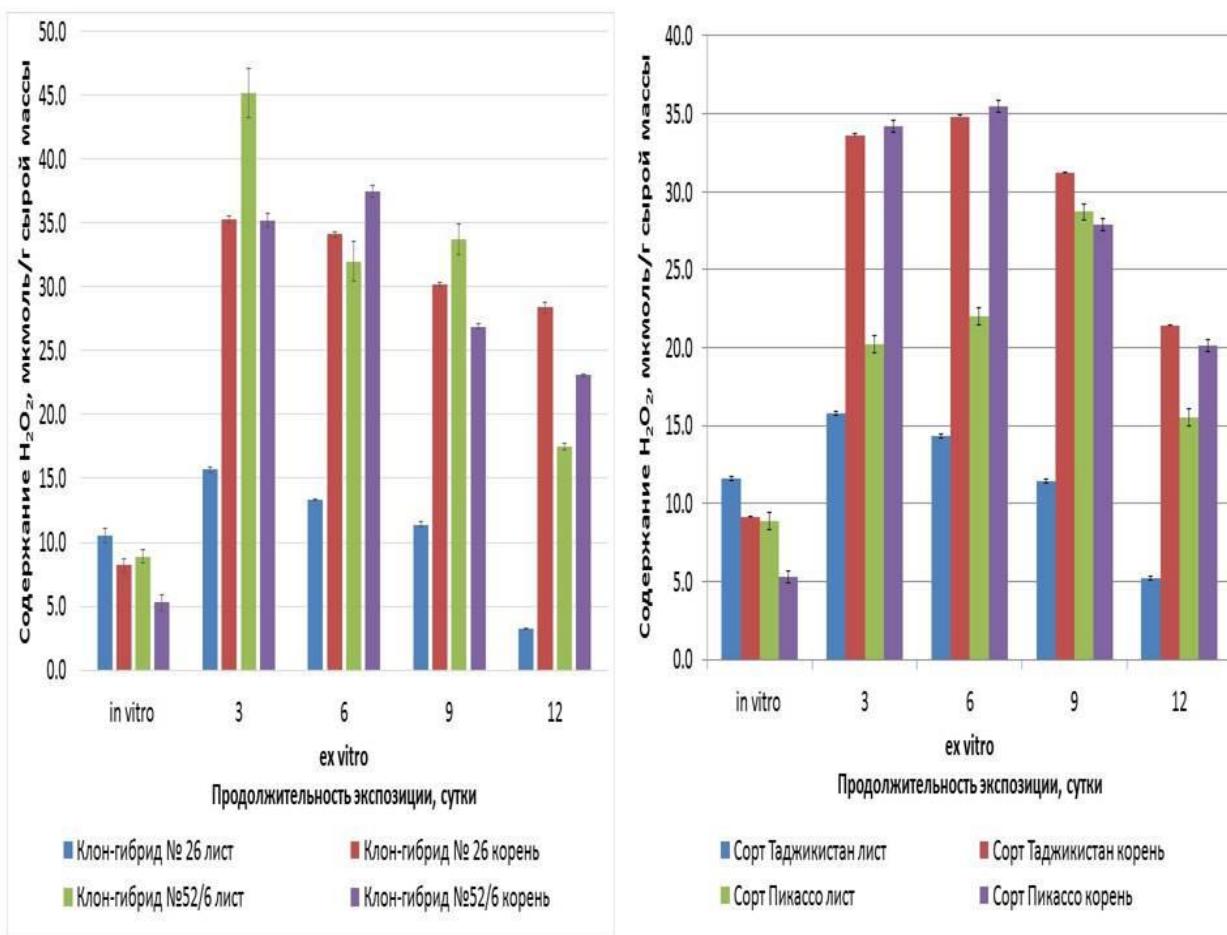


**Рисунок 6. Содержание малонового диальдегида МДА в листьях и корнях растений картофеля в условиях *in vitro* и *ex vitro***

Полученные данные свидетельствуют о том, что в клетке растений существуют две фазы: чувствительная, кратковременная (до 3-х суток) и продолжительная, специфическая (от 6-ти до 12 суток). Эти фазы в листьях и корнях отличаются по уровню накопления МДА и  $H_2O_2$ .

Результаты, представленные на рисунке 6, свидетельствуют о том, что клон № 52/6 и сорт Пикассо produцируют больше МДА, чем клон №26 и сорт Таджикистан. Эти результаты указывают, что клон №26 и сорт Таджикистан более устойчивы, чем клон №52/6 и сорт Пикассо. Но характер изменения содержания МДА в листе и корнях у клона №52/6, №26 и сортов Таджикистан, Пикассо одинаков, независимо от продолжительности экспозиции.

Повышение уровня содержания МДА может быть связано с быстрым увеличением содержания  $H_2O_2$  (рисунок 7), которое в последующем периоде выращивания выходит на стационарный уровень. Уровень накопления  $H_2O_2$  в условиях *ex vitro* в корнях был значительно выше, чем в листьях.



**Рисунок 7. Содержание перекиси водорода в листьях и корнях растений картофеля в условиях *in vitro* и *ex vitro***

Данные рисунка 7 показывают, что накопление  $H_2O_2$  у клона №52/6 и сорта Пикассо имеет такой же характер, что и у клона №26 и сорта Таджикистан. Содержание  $H_2O_2$  в условиях *in vitro* существенно ниже, чем при экспозиции в условиях *ex vitro*. Наблюдается более высокое содержание  $H_2O_2$  в корнях, чем в листьях. Единственное отличие заключается в том, что у клона №52/6 и сорта Пикассо в листе  $H_2O_2$  больше при экспозиции в условиях *ex vitro*, чем у клона №26 и сорта Таджикистан, что, возможно, указывает на меньшее функционирование пероксидазных ферментов у клона №52/6.

Чувствительная фаза и в листьях, и в корнях характеризуется повышением содержания  $H_2O_2$  и интенсивным образованием МДА. А специфическая фаза (от 6-ти до 12 суток) по этим показателям не имеет такой тенденции, наблюдается переход на стационарный уровень, что незамедлительно отражалось на активности антиоксидантных ферментов.

Таким образом, полученные результаты показали, что, в отличие от листьев, корневая система растений картофеля обладает низким потенциалом накопления прооксидантов. Это связано с высоким уровнем активности антиоксидантных ферментов, таких как пероксидазы, каталазы и СОД.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Выявлено, что растения картофеля клонов №52/6 и №26 и сортов Таджикистан и Пикассо несколько отличаются по некоторым физиолого-биохимическим параметрам в условиях *in vitro*, но общая активность антиоксидантных ферментов и системы прооксидантов находятся в равновесии, которое можно назвать перекисным гомеостазом, являющимся показателем адаптации растений в условиях стрессорных воздействий [1-А].

2. Показано, что в условиях *in vitro* и *ex vitro* содержание хлорофиллов и каротиноидов существенно отличалось и оказывало определенное влияние на сборку светособирающих комплексов фотосистемы (ССК). Возрастание содержания хлорофиллов (хл *a* и хл *b*) в условиях *ex vitro* свидетельствует об увеличении числа компонентов ССК, это способствует более эффективной работе электрон-транспортной цепи хлоропластов, что в свою очередь, может инициировать образование свободных радикалов кислорода в хлоропластах [2-А, 6-А]

3. Установлено, что растения клонов №26 и №52/6 и сортов Таджикистан и Пикассо имели неодинаковую скорость генерации супероксидного анион-радикала кислорода, который является наиболее опасной формой АФК. У растений клона №52/6 уровень накопления АФК несколько выше, чем у клона №26, что свидетельствует о слабом развитии или меньшей эффективности системы защиты у этого клона [1-А, 4-А]

4. Показано, что в условиях *in vitro* наблюдалось низкое содержание МДА как в листьях, так и в корнях. При переводе растений-регенерантов в условия *ex vitro* происходило быстрое накопление МДА, увеличивающееся в течение последующего выращивания регенерантов картофеля в водно-минеральной смеси МС (*ex vitro*). [4-А, 7-А]

5. Установлено существование двух фаз стресса: чувствительная, кратковременная (до 3-х суток) и продолжительная, специфическая (от 6-ти до 12 суток). Эти фазы в листьях и корнях отличаются по уровню накопления МДА и Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Чувствительная фаза и в листьях, и в корнях характеризуется повышением содержания Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и интенсивным образованием МДА. А во второй фазе (от 6-ти до 12 суток) оба эти показателя были одинаковыми и переходили на стационарный уровень, что незамедлительно отражалось на активности антиоксидантных ферментов. [3-А]

6. Нами впервые выявлено, что корневая система растений обладает высоким потенциалом устойчивости в отличие от листьев. Это связано с высоким уровнем активности антиоксидантных ферментов, особенно гваяколперокисидазы, свидетельствующим о существовании органоспецифичности локализации антиоксидантных ферментов [3-А, 5-А]

7. Более высокая активность СОД в условиях засухи в хлоропластах клон-гибрида №26 свидетельствует о том, что у этого генотипа функционирует более мощная антиоксидантная

система, обезвреживающая активные формы кислорода, в отличие от генотипа №52/6 [1-А, 3-А, 4-А, 5-А].

8. Показано, что у устойчивого генотипа (сорт Таджикистана) при блокировании синтеза белков – ферментов резко увеличивались содержание Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и активность фермента пероксидазы. Такого не наблюдалось у стресс-неустойчивого генотипа (сорта Пикассо), а новый перспективный клон №26 по всем этим параметрам занимает промежуточное положение [6-А ].

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов исследования**

Выявленные в работе функциональные различия ферментов антиоксидантной системы листьев и корней картофеля можно использовать для ранней диагностики адаптивности и продуктивности в меняющихся условиях среды. Корневая система является органом, определяющим устойчивость растений. Полученный экспериментальный результат можно использовать при чтении курсов по молекулярным основам устойчивости для Вузов Таджикистана. Выявленный клон №26 можно рекомендовать для производственного испытания в картофелеводческих регионах Таджикистана.

### **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ**

#### **Статьи в рецензируемых журналах:**

**[1-А]. Диловарова Н.С.** Индукция антиоксидантной системы растений картофеля *Solanum tuberosum L.* [Текст] / Н.С. Диловарова, . Н.Х. Норкулов, З.Б. Давлатназарова, И.С. Каспарова, М. Садриддинов, К.А. Алиев А.К // Известия АН РТ. Отделение биол. и мед.наук. – 2020. – №2 (209). – С. 38– 45.

**[2-А]. Диловарова Н.С.** Формирование содержание фотосинтетических пигментов в условиях *in vitro* и *ex vitro* у растений регенерантов картофеля *Solanum tuberosum L.* [Текст] / Н.С. Диловарова, Н.Х. Норкулов, У.К. Алиев, М.Х. Шукрова, К.А. Алиев // Известия АН РТ. Отделение биол. и мед.наук. – 2021. – №1(212). – С.74–81.

**[3-А]. Диловарова Н.С.** Органоспецифичность при –и антиоксидантной системы в условиях *in vitro* и *ex vitro* у картофеля [Текст] / Н.С. Диловарова, К.А. Алиев, Н.Х. Норкулов, М.Х. Шукрова, З.Х. Норкулова // Докл. АН РТ, 2021, Т. 64, № 5- 6. С. 341-345.

**[4-А]. Диловарова Н.С.** Функционирование про-и антиоксидантной системы у растений картофеля *in vitro* [Текст] / Н.С. Диловарова, Н.Х. Норкулов, М. Садриддинов, К.А. Алиев // Известия АН РТ. Отделение биол. и мед.наук. – 2021. – №2(213). – С.37–43.

**[5-А]. Диловарова Н.С.** Перекисное окисление липидов у растений *Solanum tuberosum L.* в условиях *ex vitro* [Текст] / Н.С. Диловарова // Докл. АН РТ, 2022, Т. 65, № 1- 2. С. 128-131.

### **Статьи и тезисы в сборниках конференций:**

**[6-А]. Диловарова Н.С.** Морфофизиологические и биохимические основы устойчивости растений картофеля *in vitro*. //Н.С. Диловарова, М.Ш. Гафурова, О.А. Рахимов//Сборник научных статей. Республиканская научно – практическая конференция студентов, магистров, докторантов на тему «Вклад молодежи в применение современных инновационных технологий в науке и сельскохозяйственном производстве»

Душанбе 2022. С 10-14.

**[7-А]. Диловарова Н.С.** Фотосинтетические пигменты генотипов картофеля в условиях водно-солевого стресса *in vitro* и *ex vitro* [Текст] / Н.С. Диловарова, З.Х. Норкулова, К.А. Алиев // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Биоразнообразие горных экосистем Памира в связи с изменением климата» г. Хорог 2021. С.151-153.

**[8-А]. Диловарова Н.С.** Ориганспецифичность антиоксидантной системы защиты картофеля [Текст] / Н.С. Диловарова, Н.Х. Норкулова, М.Х. Шукрова, З.Х. Норкулова, // Республиканской научно-практической конференции «Биоразнообразие горных экосистем Памира в связи с изменением климата» Душанбе 2021. С.153-154.

**[9-А ] Диловарова Н.С.** Действие полиэтиленгликоля на содержание воды и пролина в листьях разно-устойчивых растений- регенерантов картофеля *ex vitro* [Текст] / Н.С. Диловарова, З.Б. Давлятназарова, М.Х. Шукрова, К.А. Алиев // International scientific and theoretical conference on the topic. “Use of innovative methods in increase of productivity of fruit trees, grapes, vegetable crops and poteto” Душанбе 2022. С .185-188.

**[10-А] Диловарова Н.С.** Ориганспецифичность системы защиты растений картофеля в условиях стресса[Текст] / Н.С. Диловарова, З.Х. Норкулова, К.А. Алиев //Международной научной конференции. «Становление и развитие экспериментальной биологии в Таджикистане» Душанбе 2022. С 52-53.

**[11-А]. Диловарова Н.С.** Особенности накопления антиоксидантных ферментов у картофеля *Solanum tuberosum L.* в условиях *in vitro* и *ex vitro*. //XV Международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития», посвящённой Международному году фундаментальных наук в интересах устойчивого развития. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева Москва 2023. С.43-45.

**ИНСТИТУТИ БОТАНИКА, ФИЗИОЛОГИЯ ВА ГЕНЕТИКАИ РАСТАНИИ  
АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОЧИКИСТОН**

**ТДУ 581.1:581.19  
ТКБ:28.59(2Т)  
Д-46**

*Бо ҳуқуқи дастнавис*

**ДИЛОВАРОВА НИГИНА СИФАТШОЕВНА**

**ХУСУСИЯТҲОИ БА УЗВ ХОСИ СИСТЕМАИ ПРО- ВА АНТИОКСИДАНТӢ  
ДАР РАСТАНИИ *SOLANUM TUBEROSUM L.***

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии  
номзади илмҳои биологӣ аз рӯйи ихтисоси  
03.01.05 - Физиология ва биохимияи растаниҳо

**ДУШАНБЕ – 2024**

Кори илмй дар озмоишгоҳи биологияи молекулавӣ ва биотехнологияи растаниҳои Институти ботаника, физиология ва генетикаи растании Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон анҷом дода шудааст.

**Роҳбари илмӣ:**

**Алиев Қурбон** - доктори илмҳои биологӣ, узви вобастаи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон, профессор, мудири озмоишгоҳи биологияи молекулавӣ ва биотехнологияи растаниҳои АМИТ, Арбоби шоистаи илм ва техникаи Тоҷикистон

**Муқарризони расмӣ:**

**Сабуровна Анна Муҳаммадиевна** - доктори илмҳои биологӣ, профессори кафедраи биохимияи МДТ «Донишгоҳи давлатии тибии Тоҷикистон ба номи Абуалӣ ибни Сино»

**Атоев Муҳаммадиршод Ҳизбуллоевич** – номзади илмҳои биология, муаллими калони кафедраи илмҳои табиатшиносӣ ва риёзии Академияи идоракунии давлатии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон

**Муассисаи пешбар:**

Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур

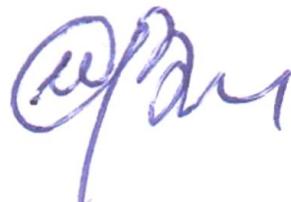
Химояи диссертатсия «19» сентябри соли 2024 соати 14<sup>00</sup> дар ҷаласаи Шурои диссертационии 6D.KOA-038 назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон баргузор мегардад. Суроғ: 734025, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯчаи Буни Ҳисорак, бинои №16.

E-mail:tnu@mail.tj

Бо диссертатсия ва автореферати он дар китобхонаи марказии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бо нишонаи 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17 ва дар сомонаи интернетии [www.tnu.tj](http://www.tnu.tj) шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «\_\_\_\_\_» соли 2024 фиристода шуд.

**Котиби илмии Шурои диссертационӣ,  
номзади илмҳои биологӣ**



Иброгимова С.И.

## МУҚАДДИМА

**Мұхиммияти мавзұй.** Стрессҳои абиотикй яке аз омилҳои асосии маҳдудкунандаи маҳсулнокий зироатҳои кишоварзй ба шумор меравад ва ба амнияти озуқаворй дар бисёр минтақаҳои қағон таҳди迪 қиддй ба амал меовара (Rai et al., 2011; Teixeira et al., 2007).

Стрессҳои хушкй ва шүршавии хок гузариши бисёр протессҳои физиологй ва биохимиявиро дар растаниҳо вайрон мекунанд, боиси фишори осмотикй, номутавозуний ионҳо ва захролудшавй, танқисии ғизогирии минералй ва стресси оксидшавй мегардад (Haritha, 2017). Холоса, ин омилҳо бо құзъҳои ҳұчайра, маҳсусан КДН, сафеда ва липидҳо, таъсири мутақобила доранд, ки ба афзоиш ва рушди растанй таъсири манфй мерасонанд. (Zhu, 2002).

Растаниҳо дорои механизмҳои гуногуни физиологй, биохимиявй ва молекулявй буда, устувории онҳоро ба стрессҳои абиотикй аз зумраи ангезидани синтези сафедаҳои гуногун ва осмолитҳо, ки гомеостази ионй ва обии онҳоро нигох медорад таъмин мекунад. Стрессҳои табиаташон гуногун метавонанд дар навбати аввал стрессҳои оксидшавиро ба вучуд оварданд, ки ба коркарди зиёдатии шаклҳои фаъоли оксигени ситотоксикй (АФК), аз құмла радикалҳои супероксидй ( $O_2^-$ ), пероксиди гидроген ( $H_2O_2$ ), оксигени синглетй ( $^1O_2$ ) ва радикалҳои гидроксилй ( $OH^-$ ) дар ҳұчайраҳои растанй мунтазам коркард мешаванд ва протеси гузариши метаболизми муқаррариро вайрон менамоянд. Барои мубориза бо ин стрессҳо растаниҳо системай мураккаби муҳофизатии антиоксидантiro бо чунин ферментҳо, ба монанди супероксиддисмутаза, пероксидаза, каталаза, полифенолоксидаза, аскорбатпероксидаза, гваяколпероксидаза, глутатионредуктаза ё құзъҳои ғайриферментативй (пролин, пайвастагиҳои полифенолй, глутатион) коркард намуданд. Құзъҳои антиоксидантҳои муҳофизати дар сохторҳои зерхұчайра ва дар үзвҳои гуногуни растаниҳо (баргхо, решашо) қойғир шудаанд. Вобаста ба қобилияти толерантнокй ва ҳассосияти генотипҳои растанй вариантын гуногуни экспрессияи генхое зохир мешаванд, ки барои синтези ферментҳои антиоксидантй масъул буда, дар қисматҳои гуногуни ҳұчайра қойғир шудаанд (Гарифзянов, 2011; Munns et al., 2008). Маълумотҳои таҳқиқотй оид ба ҳусусиятҳои функционалй, вобастагй аз меъёрхо ва ҳангоми гирифтөршавй ба стресс кам омұхта шудааст, ки мубрам будани мавзүи интихобшудаи кори диссертациониро нишон медиҳад.

**Дараңаи омӯзиши мавзүи таҳқиқот.** Омӯзиши системаҳои про- ва антиоксидантии муҳофизати растаниҳо аз омилҳои экологй масъалаҳои мұхимтарини физиология ва биохимияи мүосири растаниҳо ба шумор меравад. Оғози ин таҳқиқотҳо дар таҳқиқотҳои кормандони озмоишгоҳи биологияи молекулавй ва биотехнологияи растаниҳои Институти

ботаника, физиология ва генетикаи растани АМИТ замина гузошта шудааст (Алиев ва г., 2007).

**Алоқамандии таҳқиқот бо барномаҳои илмӣ, мавзӯъҳо.** Таҳқиқотҳо мазкур тибқи лоиҳаи «Механизмҳои молекулавӣ - генетикии устуворӣ ва маҳсулнокии растаниҳои дар асоси усулҳои биотехнологӣ ба дастовардашуда» (№ ГР 0116 TJ 00540 2016-2020) дар озмоишгоҳи биологияи молекулавӣ ва биотехнологияи растаниҳои Институти ботаника, физиология ва генетикаи растани АМИТ Тоҷикистон иҷро шудааст.

## ТАВСИФИ УМУМИИ КОР

**Мақсади таҳқиқот** - омӯзиши хусусиятҳои ба узвҳои растаниҳои хосбудаи системаҳои про- ва антиоксидантии растаниҳои *in vitro* ва *ex vitro* ҳангоми парвариш дар шароити хушкӣ.

**Вазифаҳои таҳқиқот:**

1. Муайян намудани миқдори пигментҳои фотосинтетикӣ дар узвҳои растаниҳои *in vitro* ва *ex vitro* дар шароити норасоии об;
2. Муайян кардани миқдори про-оксидантҳо: ШФО (шаклиҳои фаъоли оксиген) ва  $H_2O_2$  дар генотипҳои муҳталифи картошка;
3. Омӯзиши хусусияти ба узв хос будани оксидшавии пероксидии липидҳо дар растаниҳои картошка дар шароити *in vitro* ва *ex vitro* ҳангоми таъсири омилҳои стресӣ;
4. Муайян намудани фаъолияти ферментҳои антиоксидантӣ дар узвҳои гуногуни растаниӣ (барг, реш) дар шароити *in vitro* ва *ex vitro*;
5. Таъсири сиклогексмид ба фаъолнокии системаҳои про- ва антиоксидантӣ дар шароити боздории дастгоҳи транслятсионӣ дар шароити *in vitro* ва *ex vitro*.

**Объектҳои таҳқиқот:** 2 клонҳои ояндадори, дурагаҳои картошка (*Solanum tuberosum L.*) (№ 26 ва № 52/6), ки аз Маркази байналмилалии картошка (CIP, Перу) дастрас карда шудааст, инчунин картошкай ватанини навъи Тоҷикистон ва навъи ҳолландии Пикассо.

**Мавзӯи таҳқиқот.** Омӯзиши хусусияти ба узв хос будани системаи про- ва антиоксидантӣ дар растани картошка (*Solanum tuberosum L.*).

**Навоварии илмии таҳқиқот.** Нишон дода шудааст, ки ҳангоми аз шароити *in vitro* ба *ex vitro* гузарондани растаниҳо миқдори хлорофилл ва каротиноидҳо хеле фарқ менамоянд. Ташаккули комплекси рӯшноиҷамъӯнандай пигментҳои фотосинтетикӣ дар шароити стресс (хушкӣ) аз вақти таъсир ва хусусияти хоси генотип вобастагӣ дорад.

Бори аввал фаъолнокии ба узв хоси ферментҳои антиоксидантӣ нишон дода шудааст. Муайян карда шудааст, ки фаъолнокии гваяколпероксидаза ва каталаза дар шароити *in vitro* нисбат ба шароити *ex vitro* нисбатан пасттар аст.

Ошкор карда шудааст, ки ҳангоми дар шароити хушкӣ муддати дуру дароз нигоҳ доштани растаниҳои регенератсияшуда фаъолнокии гвяяколпероксидаза дар барг назар ба решаша хеле паст мешавад; баръакс, фаъолнокии каталаза дар барг нисбат ба решаша нисбатан баландтар аст. Фаъолнокии каталаза дар барг ҳангоми таъсири тӯлонӣ дар шароити хушкӣ назар ба решаша ҳам растаниҳои барқароршуда ва ҳам навъҳои картошка ба таври назаррас тағиیر ёфтааст. Арзиши оптимальии фаъолнокии ферменти каталаза pH 5,6 ва гвяяколпероксидаза pH 7,6 аст.

Муайян карда шудааст, ки дараҷаи фаъолнокии системаҳои муҳофизати эндогенӣ ҳангоми таъсири стрессор дар хлоропластҳо нисбат ба ситозол баландтар аст.

Нақши ингибитори системаи транслятсионӣ ба фаъолнокии про- ва антиоксидантҳо ҳангоми таъсири динамикии стресс нишон дода шудааст.

**Аҳаммияти назариявӣ ва илмию амалии таҳқиқот.** Натиҷаи тадқиқот аз омӯзиши нақши ферментҳои антиоксидантӣ дар баланд бардоштани ҳусусиятҳои устуворнокии растаниӣ ба таъсири омилҳои стресӣ иборат мебошад ва як қисми физиология ва биохимияи растаниҳо ба шумор меравад. Аз рӯи натиҷаҳои ба даст овардашуда маълум гардид, ки клони №26 аз ҷиҳати устуворнокӣ ва маҳсулнокӣ фарқияти назаррас дорад. Таносуби системаҳои муҳофизатии про- ва антиоксидантии решаро барои пешгӯии қобилияти устуворнокии растаниӣ ба стресс тавсия намудан мумкин аст ва клони №26 барои истеҳсолот пешниҳод карда мешавад.

Натиҷаҳои таҷрибавии бадастомадаро барои хондани лексияҳо оид ба асосҳои молекулавии устуворнокии растаниҳо барои равияҳои биологии муассисаҳои олии Тоҷикистон истифода бурдан мумкин аст. Клони интиҳобнамудаи №26-ро барои санчиши истеҳсолӣ дар ҳочагиҳои картошкапарварии минтаҷаҳои гуногуни Тоҷикистон тавсия намудан мумкин аст.

#### **Нуқтаҳои асосии барои ҳимояи пешниҳодшуда:**

1. Ҳусусиятҳои ба узв хос будани ферментҳои антиоксидантии растаниӣ: фаъолнокии функционалии нисбатан баланди пероксидаза дар решаша растаниӣ ва каталаза - дар барг.
2. Фаъолшавии раванди оксидшавии пероксидии липидҳо ва фаъолияти ферментҳои антиоксидантӣ ҳангоми интиқоли растаниҳои картошка аз шароити *in vitro* ба *ex vitro* вобаста ба генотип.
3. Фарзияе пешниҳод карда мешавад, ки пероксиди гидроген ҳамчун пешавлоди эволюционии об дар нигоҳ доштани ҳолати гомеостази оби таркиби ҳуҷайра иштирок менамояд ва дар баланд бардоштани қобилияти устуворнокии растаниӣ ба таъсири омилҳои стресӣ нақши муҳим мебозад.

**Дараачаи эътимоднокии натицаҳо.** Саҳми шахсӣ дар асоснок намудани натицаҳои бадастомадаи таҷрибаҳо, интихоби мавод барои тадқиқот, коркард ва муҳокимаи натицаҳо, навиштани мақолаҳо ва гузаронидани корҳои лабораторӣ ва таҳлили онҳо иборат мебошад.

**Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ (бо шарҳ ва соҳаи таҳқиқот).** Таҳқиқотҳои гузаронидашуда ба илмҳои биология, баҳусус ба соҳаҳои биологии молекулавӣ, биохимия ва физиологияи растаниҳо мансубанд. Соҳаи таҳқиқот физиология ва биохимияи растани мебошад.

Диссертатсия ба якчанд фасли шиносномаи ихтисоси 03.01.05 – Физиология ва биохимияи растаниҳо мувофиқат мекунад.

**Мувофиқи банди 1.** Омӯзиши миқдори пигментҳои фотосинтетикӣ дар шароити *in vitro* ва *ex vitro* ҳангоми таңқисии об. Нишон дода шудааст, ки ҳангоми гузаронидан аз шароити *in vitro* ба шароити *ex vitro* миқдори хлорофиллҳо ва каротиноидҳо ба таври назаррас фарқ мекунанд.

**Мувофиқи банди 8.** Муқаррар карда шудааст, ки фаъолнокии гваяколпероксидаза ҳангоми таъсири дарозмуддат дар шароити *ex vitro* дар барг нисбат ба решаше хеле паст мешавад; баръакс, фаъолнокии каталаза дар барг нисбат ба решашо нисбатан баландтар аст.

**Мувофиқи банди 4.** Як қатор хосиятҳои физиологи ва биохимиявии фаъолияти ферментҳои антиоксидантӣ дар узвҳои гуногуни растани (баргҳо, решашо) дар шароити *in vitro* ва *ex vitro* нишон дода шудаанд.

**Саҳми шахсии довталаби дарёғти дараҷаи илмӣ дар таҳқиқот.** Саҳми шахсӣ дар асоснок намудани натицаҳои бадастомадаи таҷрибаҳо, интихоби мавод барои таъқиқот, коркард ва муҳокимаи таҷрибаҳо, навиштани мақолаҳо ва гузаронидани корҳои лабораторӣ ва таҳлили онҳо иборат мебошад.

**Таъииди натицаҳои таҳқиқот:** Натицаҳои асоси диссертатсия дар конференсияи ҷумҳуриявии илмию амалии «Гуногуни биологии экосистемаҳои кӯҳии Помир вобаста аз тағйирёбии иқлими» (Душанбе, 2021); IX-уми байналмилалии «Хусусиятҳои экологии гуногуни биологӣ» (Қўлоб, 2021); XV-уми байналмилалии илмию амалии «Маориф ва илм барои рушди устувор» (Москва 2023) пешниҳод шуданд ва инчунин дар семинарҳои озмоишгоҳи биологии молекулавӣ ва биотехнологияи растаниҳои Институти ботаника, физиология ва генетикаи растанини ва дар шурои илмӣ АМИТ муҳокима карда шудааст.

Натицаҳои ба даст овардашуда ҳангоми таълими курси маҳсуси физиология ва биохимияи растаниҳо дар донишгоҳои дорои таҳасуси биологӣ ва хочагии кишлок истифода мешаванд.

**Интишори натиҷаҳои таҳқиқот.** Аз руи мавзӯи диссертатсия 11 мақолаҳои илмӣ нашр гардидааст, ки 5-тои он ба номгӯйи машаллаҳои тавсияшудаи Комиссияи олии аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон шомил мебошад.

**Сохтор ва ҳаҷми диссертатсия.** Диссертатсия бо забони русӣ навишта шуда, аз 150 саҳифаҳои матни компьютерӣ аз муқаддима, 6 боб, хулоса, рӯйхати адабиётҳои истифодашуда, ки дорои 172 сарчашма (74 сарчашмаи муаллифони ватанию кишварҳои ИДМ ва 98 муаллифони аз хориҷи дур) таркиб ёфтааст ва дорои 19 ҷадвал ва 37 расмҳо мебошад.

## ҚИСМИ АСОСИИ ТАҲҚИҚОТ

### Шароит, объект ва усулҳои таҳқиқот

Ба сифати объекти таҳқиқот растаниҳои найчашишагии картошка (*Solanum tuberosum* L), ки аз Маркази байналмилалии картошкапарварӣ (CIP, Перу) ба даст оварда шуда, истифода бурда шудааст.

Ба нақшай таҳқиқот клон- дурагаҳо, ки ҳангоми парвариш дар шароити *in vitro* бо истифода аз усули скрининг ба таъсири омилҳои стрессорӣ (хушкӣ) устувор интихоб карда шуда буд, ворид шудааст. Растаниҳои найчашишагӣ дар маҳлули ғизоии Мурасиге-Скуг (MC), ки дар таркибаш маро- ва микронамакҳо, фитогормонҳо, витаминҳо дорад ва давоми 25 рӯз дар фитотрон бо таъсири марҳилаи рӯшинои 16/8 соата парвариш карда шуд. Як қисми растаниҳо ба маҳлули обу намакӣ гузаронида, вобаста аз вазифаҳои таҳқиқот (таҷрибаҳои *ex vitro*) парвариш намудем.

Фаъолнокии СОД – и клон – дурагаҳои №26 ва №52 /6 -ро аз рӯи қатъшавии фаъолияти ферментҳои барқароркунандай фотохимиявии тетразоли нитрогени кабуд, мувофиқи усули дар корҳои (Борисова ва диг., 2012; Giannopolitis, Ries, 1997) дарҷ гардида, муайян намудем. Миқдори перокисиди гидроген ( $H_2O_2$ ) аз рӯи реаксия бо хлориди титан ( $TiCl_4$ ) (Brennan, Frenkel, 1977) муайян карда шуд. Фаъолнокии гваяколпероксидазаро аз рӯи усули (Nakano, Asada, 1981) бо баъзе дигаргунҳо муайян намудем. Фаъолнокии каталаза аз рӯи усули (H.Aebi 1984 ) бо баъзе дигаргунҳо муайян карда шуд.

## НАТИҶАҶОИ ТАДҚИҚОТ

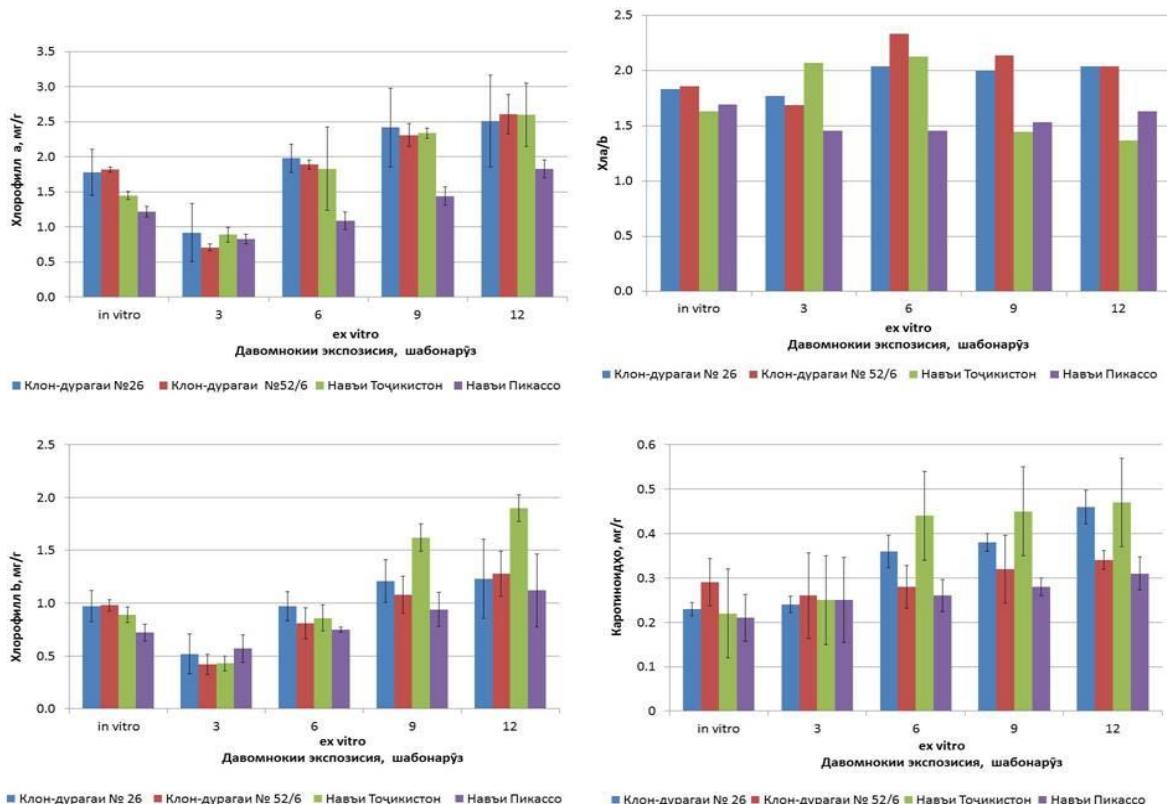
### Миқдори пигментҳои фотосинтетикии растани картошка (*Solanum tuberosum* L.) дар шароити *in vitro* ва *ex vitro*

Таҳқиқи пигментҳои фотосинтетикӣ вобаста аз шароити парвариш дар шароитҳои *in vitro* ва *ex vitro* то ҳол кам омӯхта шудааст ва барои ошкор намудани механизмҳои сершавии системаи муҳофизати растаниӣ, дар шароити мӯътадил ва таъсири омилҳои стрессӣ вазифаи муҳим ба шумор меравад.

Микдори пигментҳои фотосинтетик ҳангоми мутобиқшавии кўтоҳмуддат дар шароити *ex vitro* дар шабонарӯзи 3-юм тахминан то 50% кам шуд. Минбаъд (шабонарӯзи 6-йум) микдори хл.а ва хл. б ва таносуби онҳо зиёд гардид ва ҳангоми нигоҳдории минбаъдаи растаниҳо дар муҳити обу намак (9-12 шабонарӯз) то дараҷаи устувор боқӣ мондааст. Таносуби хл.а/хл.б дар шабонарӯзи 9-йум парвариши растаниҳо дар шароити *ex vitro* зиёда аз 2.0-ро ташкил дод ва ҳангоми парвариши минбаъда тағиیر намеёфтааст. Микдори умумии хлорофилҳо дар клон-дурагаҳои №26 ва 52/6 ав навъҳои картошай омӯхта шуда нисбат ба шароити *in vitro* 1.5-2,0 маротиба зиёд аст (расми 1).

Микдори каротиноидҳо дар генотипҳои омӯхта шуда дар шароити *in vitro* дар ҳудуди аз 0,2 то 0,52 мг/г дар вазни тар фарқ менамояд. Микдори каротиноидҳо дар дурагаи клонии №26 ва картошкай навъи Тоҷикистон нисбат ба дурагаи клони №52/6 ва навъи Пикассо каме зиёд аст (расми 1).

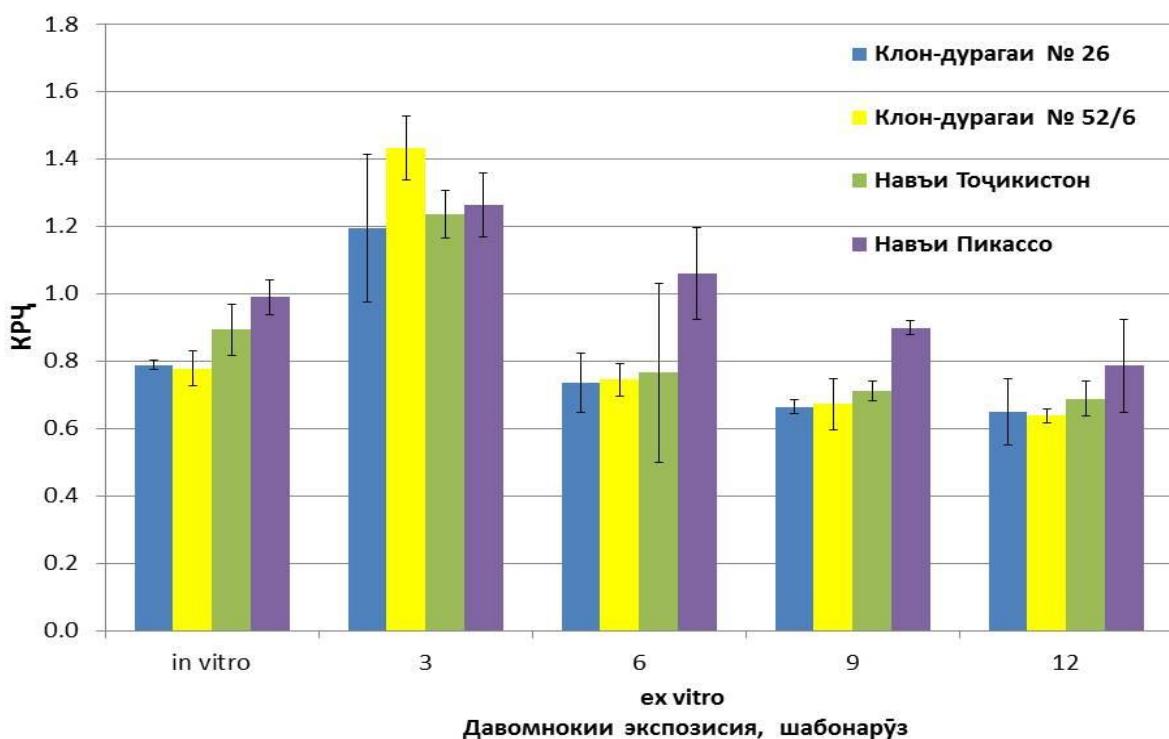
Бояд қайд намуд, ки дар шароити *ex vitro* (фототрофия), яъне ҳангоми гузаронидани растаний-регенерант аз муҳити ғизоии агар-агар ба муҳити обу намакдор микдори каротиноидҳо пас аз 6-12 шабонарӯз зиёд мешавад.



**Расми 1. Вобастагии микдори хлорофиллҳо ва каротиноидҳо аз давомнокии экспозитсия дар шароити *in vitro* ва *ex vitro*, (мг/г вазни тар).**

Ҳисоб намудани ҳиссаи хл.a дар комплекси рушной чамъунанда (КРЧ) ҷолиб буд, вобаста аз он, ки ҳамаи хл *b* дар (КРЧ) ҷойгир аст ва таносуби хл.a/ хл *b* барои ин комплекс ба 1.2 баробар аст (Дымова и дг., 2007; Lichtenthaler, 1987).

Ҷй тавре, ки аз рӯи расми 2 аён аст, ҳиссаи хлорофилли ба таркиби (КРЧ) дохилшуда дар генотипҳои омӯхташуда дар шароити *in vitro* ва *ex vitro* якбора фарқ мекунанд. Ҳамин тавр, дар шароити *in vitro* ҳиссаи хл.a ба ҳисоби миёна 40-43%-ро ташкил дод. Дар шароити *ex vitro* ин нишондиҳанда ҳангоми экспозитсияи 3-шабонарӯз то 30-35% ва дар шабонарӯзҳои минбаъда то 66-70% зиёд гардид.

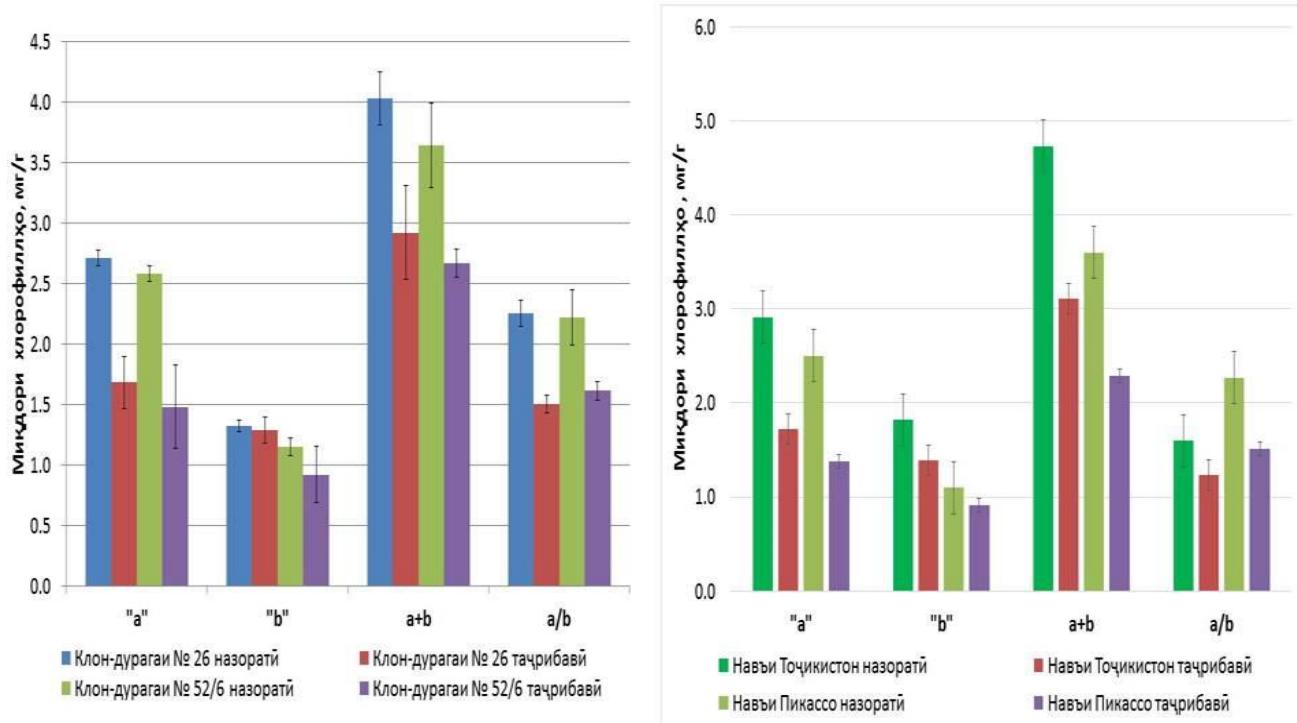


**Расми 2. Ҳиссаи хл.a дар (КРЧ) дар шароити *in vitro* ва *ex vitro* дар растани - регенерантҳои картошка**

Дар асоси маълумоти бадастомада таҳмин намудан мумкин аст, ки дар шароити парвариши *in vitro* барои биосинтез ва фаъолияти пурраи пигментҳои фотосинтетикӣ растаниҳо норасогии рӯшноиро ҳис менамояд ва аз ин сабаб ҳиссаи хл.a дар чамъулчамъи хлорофиллҳо нисбатан кам мебошад, аммо дар шароити *ex vitro* миқдори хл *a* зиёд мешавад, ки ин аз фаъолияти нисбатан устувори функционалии фотосинтетикии хлоропластҳо ва шояд дар шароити *in vitro* зиёд шудани миқдори макро- ва микроэлементҳо, витаминҳо, сахароза ва агар-агар якҷоя таъсири дукарата мерасонанд: аз як тараф ба рушди регенерантҳо мусоидат намояд, аз тарафи дигар синтези пигментҳои фотосинтетикӣ, махсусан хл *a*-ро бозмедоранд.

Шояд зиёд шудани миқдори *хл a* нисбат ба *хл b* дар шароити *ex vitro* аз зиёд шудани миқдори комплексҳои рӯшноиҷамъунандаи дастгохи фотосинтетикӣ ва марказҳои фотосистемаҳои I ва IIро шаҳодат медиҳад. Ин ҳодиса зиёдшавии суръати интиқоли электронҳоро дар системаи интиқолии электронии дастгохи фотосинтетикӣ таъмин менамояд. Дар ин замина муайян намудани вазифаи системаҳои оксидантӣ ва антиоксидантӣ ҳам дар шароити *in vitro* ва ҳам дар шароити *ex vitro* ва таъсири ҳамдигарии онҳо бо ташаккулёбӣ ва пурзӯр шудани фаъолияти фотосинтетикии хлоропластҳо хеле муҳим аст.

Бояд қайд намуд, ки биосинтези дифференсиалии хлорофиллҳо дар шароити норасогии об ошкор гардида, аз рӯи маълумотҳои расми 3 айён аст, ки дар шароити муқаррарӣ *хл a* дар генотипҳои омӯхташуда (клон-дурагаи №26 ва №52/6) якбора паст шуда, назар ба варианти назоратӣ 62%-ро ташкил дод. Миқдори *хл b* то дараҷае камтар кам шуда, назар ба варианти назоратӣ 27%-ро ташкил дод. Камшавии миқдори *хл a* дар навбати худ ба таносуби хлорофиллҳо таъсир расонида, дар варианти таҷрибавӣ 1,61 ва барьакс дар варианти назоратӣ 2,25-ро ташкил додааст, миқдори умумии хлорофиллҳо дар шароити норасогии об (ПЭГ-6000) дар растаниҳои таҷрибавӣ 2,9-2,7 мг/г вазни тар ва 4,03-3,64 мг/г вазни тар дар клон-дурагаҳои №26 ва №52/6 мувофиқат мекард, он гоҳ миқдори пигментҳои сабз ба ҳисоби миёна 32% кам гардид.



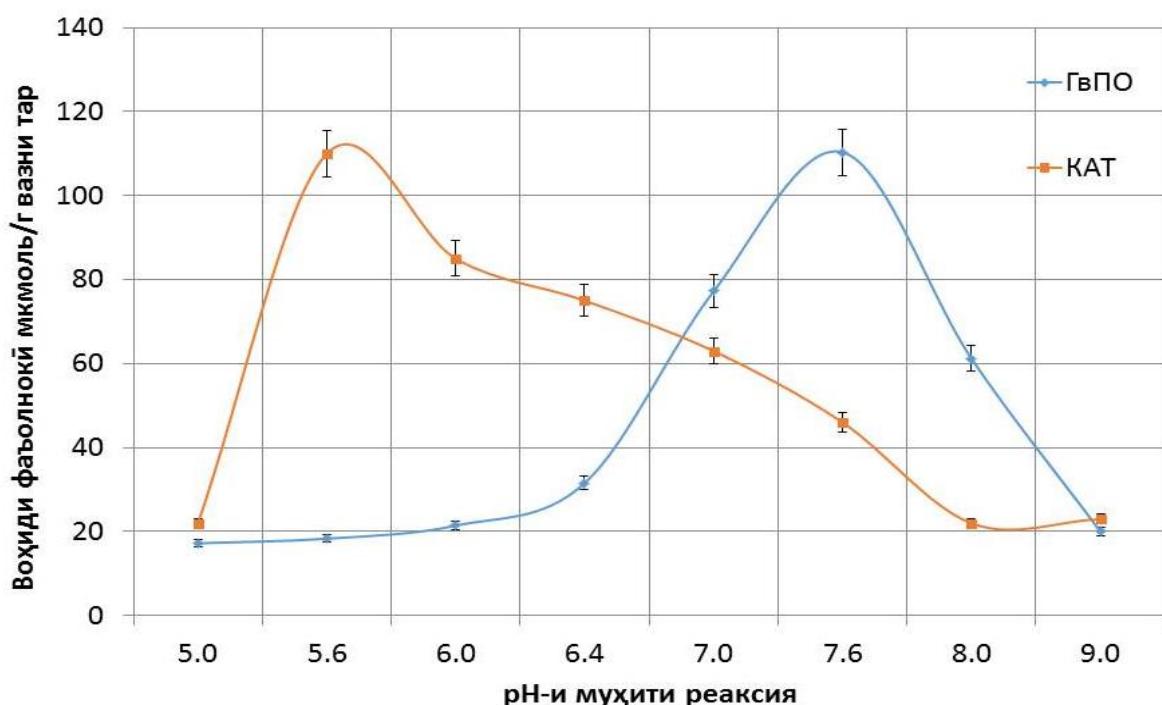
**Расми 3. Таъсири ПЭГ-6000 ба миқдори пигментҳои фотосинтетикӣ дар шароити *ex vitro***

Ҳамин тавр, маълумотҳои ба дастовардашуда ҳолати ҳассосияти баланди хл *a* – ро ба омили стрессӣ нисбат ба хл *b* дар шароити норасогии об, шӯршавии хок ва дигар ҳолатҳои ғайриоддии табииро тасдиқ менамояд, вале миқдори умумии хлорофиллҳо асосан бо камшавии миқдори хл *a* алоқаманд аст.

Дар шароити *in vitro* ва *ex vitro* микдори хлорофиллҳо ва каротиноидҳо аз ҳамдигар фарқият доштанд ва ба ҷамъшавии комплекси (КРЧ)-и фотосистема таъсири муайян расонидааст. Тахмин мекунанд, ки вазифаи ин комплекси фотосистема дар ташаккулёбӣ ва фаъолияти дастгоҳи фотосинтетикӣ якхела набуда, яке аз нишондиҳандаҳои мутобиқатии растани ҳангоми таъсири омилҳои стрессии муҳити атроф ба шумор меравад.

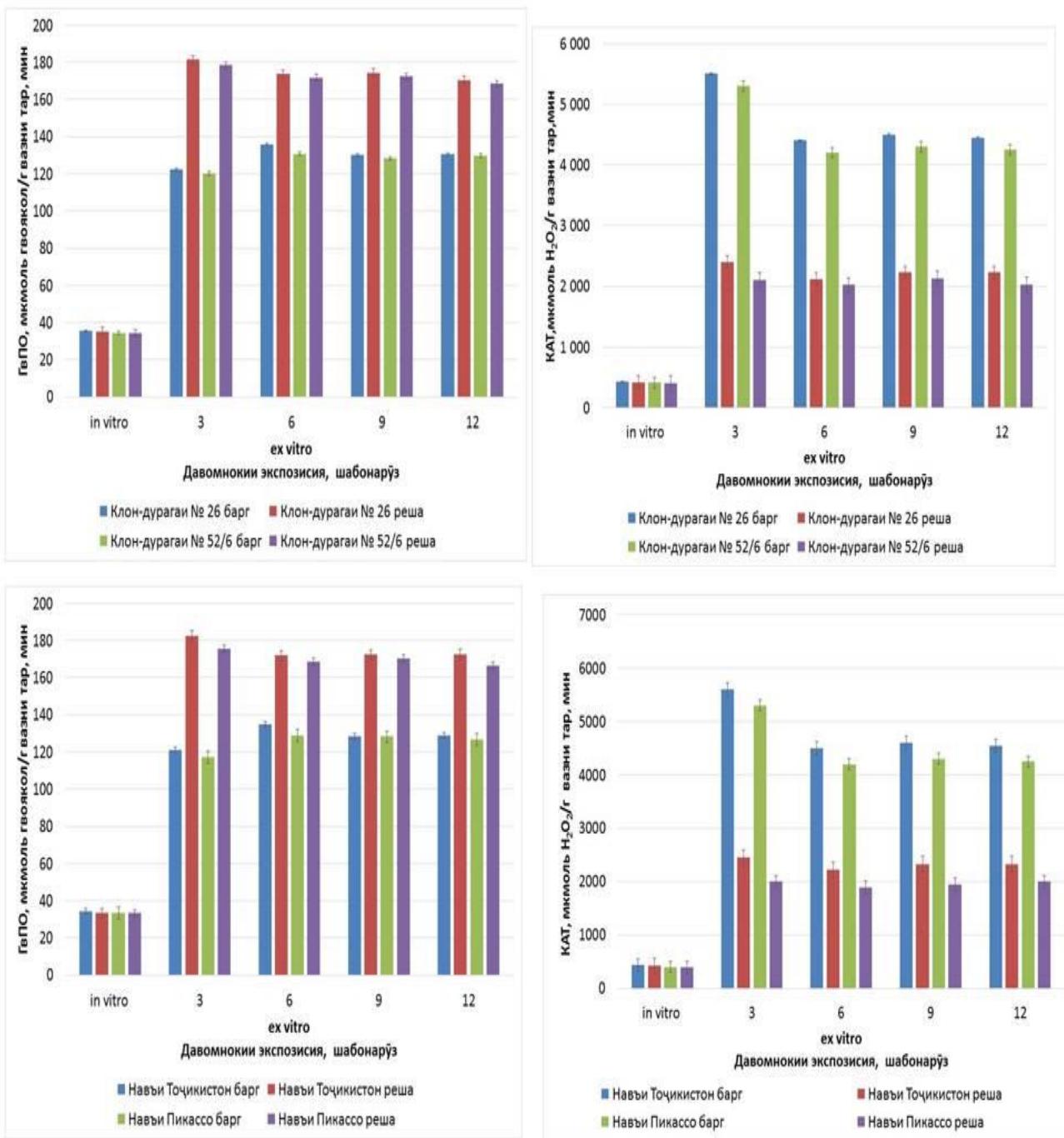
## Системаи антиоксиданттар дар шароити *ex vitro*

Барои муайян намудани фаъолнокии ферменти пероксидаза, ошкоркунни оптимуми pH – буфери экстраксияи зарурият дорад. pH-и муҳити реаксионӣ ба дараҷаи ионизатсияи гурӯҳҳои функционалии маркази фаъоли ферментҳо таъсир мерасонад. Чи тавре, ки аз рӯи расми 4 айён аст, вобастагии фаъолнокии ферментҳои каталаза ва гваяколпероксидаза асосан аз pH-и муҳит фарқ менамояд. Нишондиҳандай оптимальии фаъолнокии ферментҳои каталаза ба pH-5.6 мувофиқат менамояд, аммо гваяколпероксидаза pH-7.6, ки дар таҳқиқотҳои минбаъда барои муайян намудани фаъолнокии ферментҳои антиоксидантӣ истифода шуда буд (расми 4).



#### Расми 4. Вобастагии фаъолнокии ферментҳои гваяколпероксидаза (ГВПО) ва катализ (КАТ) аз pH –и мухити реаксионӣ

Аз расми 5 айён аст, ки дар шароити *in vitro* фаъолнокии гвяколпроксидаза ва каталаза назар ба шароити *ex vitro* хеле паст аст.



**Расми 5. Фаъолнокии гвяколпероксидаза ва каталаза дар баргу решоюи растании картошка дар шароитҳои *in vitro* ва *ex vitro***

Ҳангоми гузаронидани растаний-регенерантҳо ба шароити *ex vitro* фаъолнокии ҳам гвяколпероксидаза ва ҳам каталаза бо гузариши минбаъда ба дараҷаи статсионарӣ якбора баланд гардид. Хусусияти пайдошавии фаъолнокии ферментҳо (гвяколпероксидаза ва каталаза) ҳангоми нигоҳдории давомнокии растаниҳо асосан дар шароити *ex vitro* ҳам дар барг ва ҳам дар решаша фарқият дошт, яъне фаъолнокии гвяколпероксидазаҳо дар решаша дар давоми таҷриба ба таври гуногун тағиیر ёфта, нисбат ба барг баландтар буд. Фаъолнокии

катализаза ҳам дар барг ва ҳам дар решаша ҳангоми гузаронидани таҷриба нисбат ба фаъолнокии гвяяколпероксидаза хело назаррас тағиیر ёфтааст. Аммо фаъолнокии катализаза дар барг нисбат ба решаша нисбатан баландтар буд.

Дар асоси маълумотҳои ба дастовардашуда чунин хулоса баровардан мумкин аст : якум, системаи муҳофизатии антиоксидантӣ дар растаниҳо ба узвҳои он хос аст, дуюм, фаъолиятнокии ферменҳои омӯхташуда дар решаша нисбат ба барг зиёд аст ва баръакс, фаъолнокии катализаза дар решаша нисбат ба барг пасттар аст. Ин имконият дод, ки ақида баён карда шавад, ки механизми асосии устуворнокии растаниҳо ба таъсири омилҳои стрессорӣ асосан аз ҷамъшавии антиоксидантҳо дар системаи решашаи растаниҳо, хусусан гвяяколпероксидаза муайян карда мешавад. Фаъолнокии баланди гвяяколпероксидаза дар решаша бо протесси лигнификатсия ва субернизатсия алоқаманд аст (Синъкович М.С. ва диг., 2011). Сеюм, натиҷаҳои ба дастовардашуда нишон доданд, ки ҳангоми давомнок парвариш намудани растаний–регенерантҳо дар шароити *ex vitro* фаъолнокии катализаза дар баргҳо нисбат ба решаша хеле баланд буд.

Ҳамин тавр, натиҷаҳои дар кори мазкур ба дастовардашуда имкони чунин хулоса баровардан медиҳад, ки системаи решашаи растании картошка нисбати баргҳо иқтидори баланди қобилияти устуворнокӣ дорад. Ин аз дараҷаи баланди фаъолнокии ферментҳои антиоксидантӣ, хусусан дар шароити таъсири омилҳои стрессорӣ муҳим мебошад.

### **Индуксияи системаи антиоксидантии растании картошка дар шароити хушкӣ**

Ҳолати обии растаниҳо аз бисёр ҷиҳат рушду нумуъ, маҳсулнокӣ ва қобилияти мутобиқатии растаниҳоро, хусусан дар шароити хушкӣ муайян менамояд. Нишондиҳандай асосии ҳолати об дар таркиби растаний миқдори нисбии об ва норасогии об ба шумор меравад. Норасогии об бо роҳи ба муҳити ғизоӣ илова намудани ПЭГ ба вучуд оварда шуд. Ҳангоми ба муҳити ғизоӣ илова намудани ПЭГ дар шароити *ex vitro* сустшавии афзоиши растаниҳо ва ташаккулёбии сусти решаша мушоҳида карда шуд. Қайд бояд намуд, ки дар клони №52/6 ҳангоми илова намудани ПЭГ системаи решаша қариб пайдо намешавад, аммо дар клони №26 суст ташаккулёбии решаша ба назар мерасад. Фарқияти байни клони №26 аз клони №52/6 дар шароити стрессӣ, яъне ҳангоми таъсири ПЭГ ошкор гардид.

Муайян намудани миқдор ва норасогии об дар растаниҳои клон-дурагаҳои картошка дар шароити хушкӣ кӯтоҳмуддат (24 соат) ба ПЭГ – 6000 6% ҳамшабеҳ (ҷадвали 1) нишон дод, ки дар варианти назоратӣ миқдори об дар генотипҳои картошкай клон-дурагаҳои №26, №52/6, навъи Тоҷикистон ва навъи Пикассо фарқияти ночиз (ба 2%) вучуд дорад, вале танқисии об дар растании клон-дурагаи №52/6 7,8% зиёдтар буд. Дар клон-дурагаи №26 ҳангоми таъсири шароити хушкӣ миқдори об назар ба клон-дурагаи №52/6 (9 ва 15%,

мувофиқан) то дарацае кам мешавад. Ҳангоми таъсирии ПЭГ-6000 барои нишондиҳандай таңқисии об манзараи баръакс мушоҳида шуд. Таңқисии об дар растани клон-дурагаи №52/6 нисбат ба клон-дурагаи №26 қариб ду маротиба зиёдтар буд. Дар асоси омӯзиши таъсири хушкӣ бо дарназардошти моделикунонии ПЭГ-6000 пешгӯй намудан мумкин аст, ки нишондиҳандаҳои речай об дар генотипҳои картошкай клон-дурагаи №26 ва навъи Тоҷикистон нисбат ба клон-дурагаи №52/6 ва навъи Пикассо нисбатан устувортар аст.

**Ҷадвали 1. Таъсири ПЭГ-6000 (6%) дар маҳлули ғизой ба микдори об ва таңқисии об дар растани картошкай**

Клон- дурагаҳо/ навъҳо	Вариантҳои таҷриба	Микдори об, %	Бо ҳисоби % аз варианти назоратӣ	Таңқисии об, %	Бо ҳисоби % аз варианти назоратӣ
№26	назоратӣ	94±4	100	14.4±1.8	100
	ПЭГ	86±2	91	16.6±1.4	16.1
№52/6	назоратӣ	92±3	100	22.2±1.5	100
	ПЭГ	79±2	85	31.3±2.1	40.9
Тоҷикистон	назоратӣ	98±0.8	100	15.3±0.7	100
	ПЭГ	88±1.0	90	17.7±0.9	115.6
Пикассо	назоратӣ	90± 0.7	100	20.8±0.7	100
	ПЭГ	74±4	82	28.4±1.7	136.5

Маълум аст, ки диалдегиди малонӣ (ДАМ) ба сифати маркёри оксидшавии пероксидии липидҳо (ОПЛ) ва аз рӯи динамики ҷамшавии он суръати стресси оксидшавӣ ва дар бораи устуворнокии растаний ба омилҳои стрессӣ баҳо додан мумкин аст (Синъкевич М.С. ва диг., 2011).

Муайян намудани микдори ДАМ дар клон – дурагаҳои ва навъҳои картошкай дар шароити хушкӣ нишон дод, ки таъсири кӯтоҳмуддати ПЭГ-6000 (24 соат) дар растаний ба тағиیرёбии микдори ДАМ сабаб шуд (ҷадвали 2). Зиёдшавии микдори ДАМ дар клон-дурагаи №52/6 нисбат ба клон-дурагаи №26 қайд шудааст. Ҳангоми таъсири дарозмуддати ПЭГ-6000 (72 соат) дараҷаи ғуншавии ДАМ дар ҳар ду генотипҳои картошкай афзудааст, дар клон-дурагаи №26 нисбат ба варианти назоратӣ 22% ва дар барги клон-дурагаи №52/6 микдори ДАМ нисбат ба варианти назоратӣ 2 маротиба зиёд шудааст. Дар картошкай навъи Тоҷикистон ғуншавии ДАМ ҳангоми стресс дар давоми 72 соат - 26% ва дар навъи Пикассо 67% нисбат ба растаний назоратӣ зиёд шудааст. Аз рӯи ин нишондиҳанда навъи Тоҷикистон ва клони №26 аз навъи Пикассо ва клони №52/6 фарқи куллӣ дорад. Дараҷаи ҷамъшавии ДАМ бевосита ба фаъолияти супероксиддисмутаза (СОД) вобастагӣ дорад.

Натицаҳои бадастомада оид ба ғуншавии ДАМ дараҷаи гуногуни устуворнокии генотипҳои истифодашудаи картошкаро ба таъсири шароити хушкӣ (ПЭГ) нишон медиҳад. Шояд дигаргуншавии ноҷизи ғуншавии ДАМ дар баргҳои клон-дурагаи №26 дар шароити хушкӣ боиси устуворнокии зиёди он мегардад, аммо клон-дурагаи №52/6 дорои ҳусусияти пасти механизми муҳофизатӣ аз стресси оксидшавӣ буда, бо фаъолнокии гуногуни ферменти СОД, ки дар ҳатти аввалини муҳофизатии растани дар шароити стресс иштирок менамояд, вобастагӣ дорад.

**Чадвали 2. Таъсири ПЭГ-6000 (6%) ба миқдори ДАМ (мкм/г вазни тар) дар барги клон-дурагаҳои картошка**

Клон- дурагаҳо/ Навъҳо	Варианти таҷриба	Муддати таъсири ПЭГ-6000			
		24 соат		72 соат	
		миқдори ДАМ	бо ҳисоби % аз варианти назоратӣ	миқдори ДАМ	%
№26	назоратӣ	14.7±0.9	100	18.5±0.3	100
	ПЭГ 6%	17.9±1.2	108	22.72±1.3	122
№52/6	назоратӣ	19.4±0.7	100	17.4±0.8	100
	ПЭГ 6%	27.4±1.7	142	38.5±1.9	223
Тоҷикистон	назоратӣ	15.4±0.8	100	19.7±0.7	100
	ПЭГ 6%	18.2±1.1	118	24.9±1.0	126
Пикассо	назоратӣ	18.7±0.9	100	16.7±0.9	100
	ПЭГ 6%	25.4±1.2	136	27.9±1.2	167

Таҳқиҳи таъсири хушкӣ дар таҷрибаҳои моделӣ бо истифода аз ПЭГ-6000 нишон дод (чадвали 3), ки фаъолнокии ферменти антиоксидантии СОД дар баргҳои генотипҳои картошкай омӯхташуда ҳангоми хушки кӯтоҳмуддат (24 соат) дар ҳар ду варианти таҷриба, ҳам дар шароити хушки ва ҳам дар варианти назоратӣ фарқияти ноҷиз доранд. Дар баробари ин фаъолияти умумии ферменти СОД дар решай растаниҳои картошка дар варианти назоратӣ назар ба баргҳо ду маротиба паст буд. Таъсири нисбатан дарозмуддати ПЭГ-6000 (72 соат) боиси зиёд шудани фаъолияти ферменти СОД дар баргҳои растани гардид, аммо дар генотипҳои таҳқиқшуда бо дараҷаи гуногун. Дар барги растани клони №26 ва навъи Тоҷикистон фаъолияти ин фермент дар шароити хушки дурудароз назар ба варианти назоратӣ 120 % ва дар растани №52/6 ва навъи Пикассо - 63% зиёдтар буд.

Дар решоҳои растани картошка дар шароити таъсири дурударози ПЭГ-6000 (72 соат) дараҷаи фаъолнокии СОД баланд шудааст, аммо ин нишондиҳанда нисбат ба барг нисбатан паст буд (чадвали 3).

**Чадвали 3. – Фаъолнокии СОД (воҳиди ченаки фаъолият/г вазни тар) дар узвҳои гуногуни растани ҳангоми таъсири ПЭГ-6000**

Клон- дурагаҳо/ навъҳо	Вариантҳои таҷриба	Фаъолнокии СОД			
		таъсири 24 соатай ПЭГ		таъсири 72 соатай ПЭГ	
		барг	реша	барг	реша
№26	назоратӣ	9.83±1.32	4.45±0.65	10.22±1.74	5.11±0.44
	ПЭГ	12.44±1.92	8.55±1.62	22.53±2.43	9.45±1.47
№52/6	назоратӣ	12.06±0.34	3.72±0.94	14.76±2.33	5.12±0.77
	ПЭГ	13.44±2.33	4.14±0.39	24.14±3.11	7.18±1.12
Тоҷикистон	назоратӣ	9.88±1.2	4.85±0.75	11.02±1.85	5.71±0.56
	ПЭГ	12.85±1.62	9.55±1.72	23.33±1.03	10.0±1.09
Пикассо	назоратӣ	10.3±1.0	3.45±0.60	15.2±0.74	5.51±0.75
	ПЭГ	11.48±1.72	4.55±1.02	20.53±2.43	6.45±1.07

Дар асоси маълумоти бадастомада хулоса баровардан мумкин аст, ки зиёдшавии фаъолнокии ферментҳои антиоксидантӣ дар шароити хушкӣ тӯлонӣ аз мавҷудияти системаҳои танзимкунандай фаъолсозии ферментҳои СОД дар сатҳи геном ё дар сатҳи протеом, ки синтези ин ферментро дар шароити *de novo* таъмин мекунад, вобастагӣ дорад.

Бо дарназардошти он, ки ферменти СОД дар ҳама қисмҳои ҳуҷайраҳо фаъолияти менамояд [Колупаев Ю.Е. ва дигарон, 2019], муайян намудани фаъолнокии фермент дар хлоропластҳо ва ситозоли дурага-клонҳои таҳқиқшаванд дар шароити хушкӣ ҷолиб буд.

Натиҷаҳои таҳқиқот нишон дод (чадвали 4), ки дар баргҳои дурага-клони № 26 дар варианти назоратӣ фаъолияти СОД дар хлоропластҳо нисбат ба ситозол баландтар буд, аммо дар барги дурага-клони №52/6 фаъолияти СОД дар ситозол нисбат ба хлоропластҳо баланд буданд. Ин қонунияти ҳам дар вариантҳои назоратӣ ва ҳам таҷрибавӣ (дар шароити хушкӣ, ки аз таъсири ПЭГ моделӣ карда шудааст) мушоҳида шудааст. Новобаста аз ин, бояд қайд намуд, ки фаъолияти СОД дар хлоропластҳои растании картошкай дурага-клони №26 ва навъи Тоҷикистон назар ба ғенотипи №52/6 ва навъи Пикассо ҳам дар вариантҳои назоратӣ ва ҳам дар таҷрибавӣ баланд аст. Тахмин намудан мумкин аст, ки фаъолияти баланди СОД дар хлоропластҳои дурага- клони №26 ба нигоҳ доштани сатҳи ДАМ дар ҳуҷайраҳои растаниҳои ин ғенотип ҳам дар шароити муқаррарӣ ва ҳам дар шароити стресӣ мусоидат мекунад, дар ҳоле ки пастшавии фаъолияти ин фермент дар хлоропластҳои дурага-клони №52/6 ба микдори зиёдтари ДАМ боис мегардад.

Фаъолияти нисбатан баланди СОД дар хлоропластҳои дурага-клони №26 дар шароити хушкӣ нишон дод, ки ин генотип нисбат ба дурага-клони № 52/6 дорoi системаи қавии антиоксидантӣ мебошад, ки шаклҳои фаъоли оксигенро безарар мегардонад.

**Ҷадвали 4.- Фаъолнокии СОД дар хлоропластҳо ва ситозоли баргҳои картошка ҳангоми таъсири хушкӣ (72 соат)**

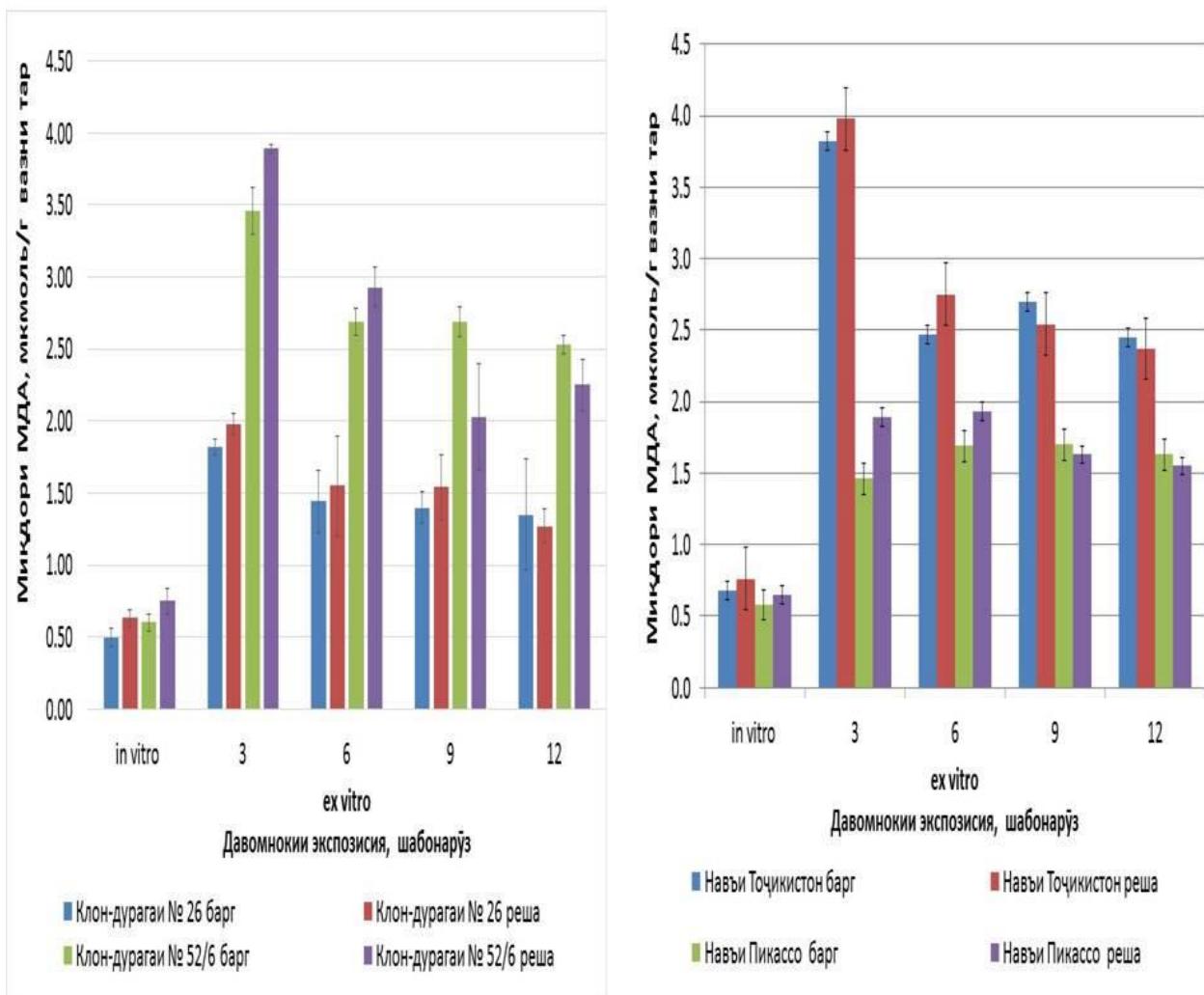
Клон- дурагаҳо/ навъҳо	Вариантҳои таҷриба	Фаъолнокии СОД, воҳиди фаъолнокӣ/г вазни тар	
		хлоропластҳо	ситозол
№26	назоратӣ	18.83±2.24	6.48±0.03
	ПЭГ	25.25±3.44	8.94±1.39
№52/6	назоратӣ	14.93±1.39	12.44±1.74
	ПЭГ	17.72±1.98	28.53±2.28
Тоҷикистон	назоратӣ	19.08±1.24	7.08±0.09
	ПЭГ	25.85±0.49	8.04±1.09
Пикассо	назоратӣ	13.83±0.24	9.88±0.73
	ПЭГ	15.85±1.44	11.04±1.24

Ҳамин тарик, натиҷаҳои ба даст овардашуда нишон доданд, ки генотипҳои картошкai омӯхташуда аз рӯи шиддатнокии ОПЛ, фаъолнокии СОД ва аз рӯи ҳолати гомеостази об дар шароити хушкӣ, ки аз таъсири ПЭГ-6000 ба вучуд меояд, фарқ мекунанд. Қонунияти тафтиргазирии фаъолияти умумии СОД аз назорати генетикии синтези ферменти СОД ва мавҷудияти системаи танзимкунанда шаҳодат медиҳад, ки иқтидори баландшавии қобилияти мутобиқшавии дурага-клони №26-ро дар шароити таъсири омили стрессорӣ таъмин менамояд. Таҳлили қиёсии фаъолнокии СОД дар қисмҳои гуногуни ҳуҷайраҳо (хлоропластҳо, ситозолҳо) нишон дод, ки системаи муҳофизатӣ аз омилҳои стрессӣ дар хлоропластҳо, сарфи назар аз мансубияти генотипҳо (№26, №52/6, навъи Тоҷикистон ва навъи Пикассо) нисбат ба ситозол баландтар аст.

**Оксидшавии пероксидии липидҳо дар растаниҳои *Solanum tuberosum L.*  
дар шароити *ex vitro***

Меъёри ба таври умум қабулшуда барои арзёбии сатҳи пероксидшавии липидҳо ин шиддатнокии ҳосилшавии ДАМ мебошад. Натиҷаҳои таҳлили миқдори ДАМ дар баргу решашои дурага-клони № 26, № 52/6, Навъҳои Тоҷикистон ва Пикассо дар расми 6 нишон дода шудаанд.

Чи тавре ки аз рӯи расми 6 айён аст, миқдори ками ДАМ дар баргҳо ва решашо дар шароити *in vitro* мушоҳида карда шуданд. Ҳангоми гузаронидани растаний-регенерантҳо ба шароити *ex vitro*, зуд ғуншавии ДАМ дар вақти парвариши минбаъдаи онҳо дар маҳлули физоии обу минералии МС ба назар мерасад. Чунин тамоюли зуд ғуншавии ДАМ дар давоми 3-9 шабонарӯз бо минбаъд коҳишёбии миқдори он мушоҳида карда шудааст. Хусусияти ғуншавии ДАМ дар баргҳо ва решашо ҳангоми гузаронидани растаниҳо ба шароити *ex vitro* то андозае фарқ мекунад. Миқдори ДАМ дар баргҳо дар 3 ва 6 рӯзи аввал нисбат ба решашо хеле зиёдтар буд.

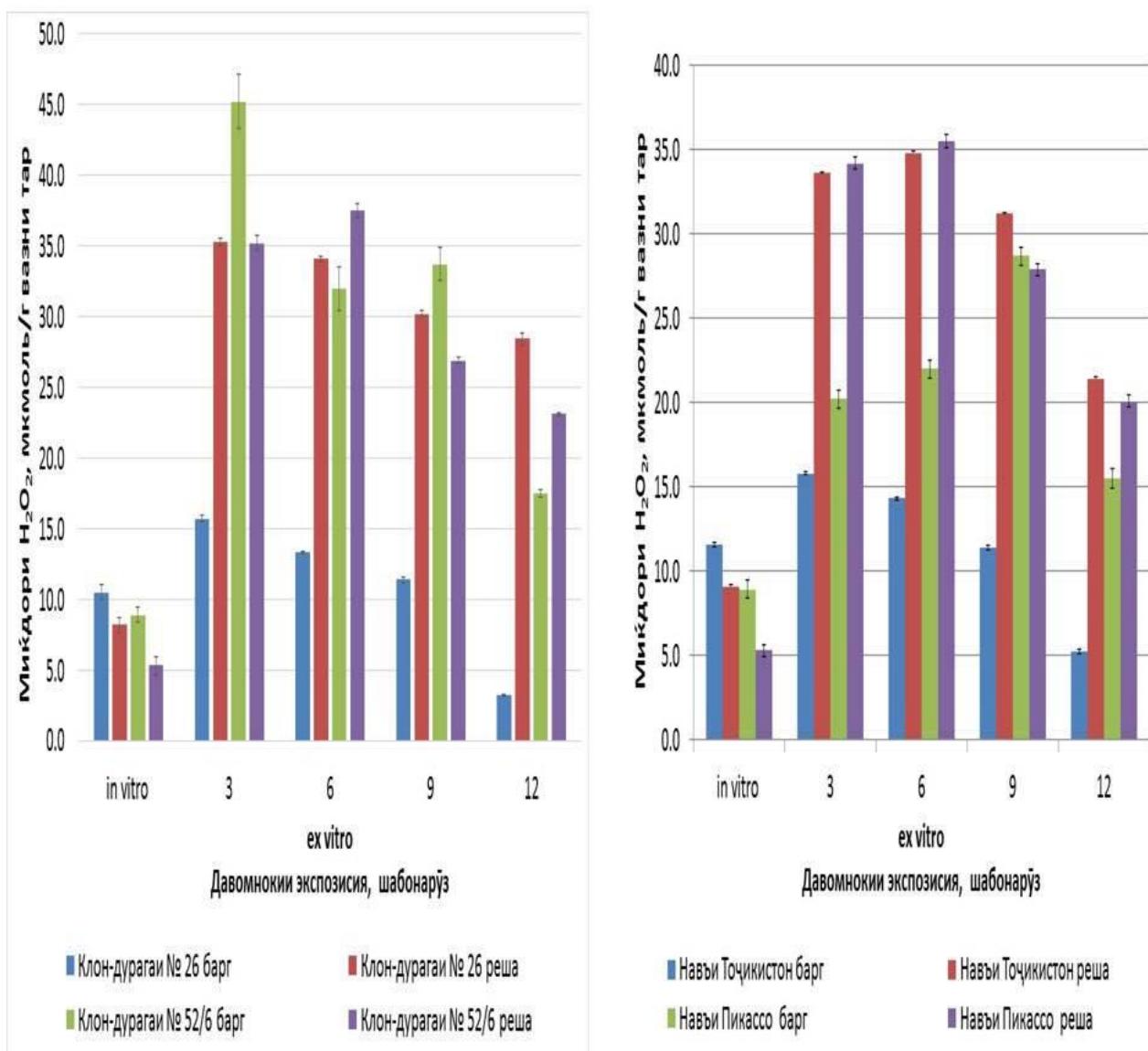


**Расми 6. Миқдори диалдегиди малонӣ дар барг ва решашо растани картошка дар шароити *in vitro* ва *ex vitro***

Маълумотҳои зикрикардашуда аз он шаҳодат медиҳанд, ки дар хӯҷайраи растаний ду марҳила мавҷуд аст: ҳассос, яъне кӯтоҳмуддат (то 3 руз) ва дарозмуддат, маҳсус (аз 6 то 12 руз). Ин марҳилаҳо дар баргҳо ва решашо аз рӯи дараҷаи ғуншавии ДАМ ва  $\text{H}_2\text{O}_2$  фарқ мекунанд.

Натицаҳои дар расми 6 оварда шуда нишон доданд, ки дурага-клони №52/6 ва навъи Пикассо нисбат ба дурага-клони № 26 ва навъи Тоҷикистон зиёдтар ДАМ ҳосил менамояд. Ин натицаҳо нишон медиҳанд, ки клон-дурагаи №26 ва навъи Тоҷикистон нисбат ба клон-дурагаи №52/6 ва навъи Пикассо устувортар аст. Аммо хусусияти тафйирёбии миқдори ДАМ дар барг ва решоӣ клон-дурагаи №52/6 №26 ва навъҳои Тоҷикистон ва Пикассо, новобаста аз давомнокии таъсир, як хел аст.

Баландшавии дараҷаи ғуншавии миқдори ДАМ метавонад бо афзоиши босуръати миқдори  $H_2O_2$  алоқаманд бошад (расми 7), ки дар давраи минбаъдаи парвариши ба дараҷаи доимӣ мерасад. Дараҷаи ғуншавии  $H_2O_2$  дар шароити *ex vitro* дар решо нисбат ба баргҳо хеле баланд буд.



**Расми 7. Миқдори пероксиди гидроген дар барг ва решоӣ картошка ҳангоми парвариш дар шароити *in vitro* ва *ex vitro***

Маълумоти расми 7 нишон дод, ки аз чиҳати ғуншавии  $H_2O_2$  дурага-клони №52/6 ва навъи Пикассо бо клони №26 ва навъи Тоҷикистон як хусусият дорад. Миқдори  $H_2O_2$  дар шароити *in vitro* нисбат ба шароити *ex vitro* хеле паст аст. Дар решашо назар ба баргҳо миқдори зиёди  $H_2O_2$  ҷамъ мешаванд. Ягона фарқият дар он аст, ки клони №52/6 ва навъи Пикассо нисбат ба клони №26 ва навъи Тоҷикистон дар шароити *ex vitro* дар баргҳои  $H_2O_2$  зиёдтар дошт, ки ин эҳтимол аз фаъолияти нисбатан пасти пероксидаза дар клони №52/6 ва навъи Пикассо нишон медиҳад.

Марҳилаи ҳассос ҳам дар барг ва ҳам решашо бо афзоиши миқдори  $H_2O_2$  ва ҳосилшавии интенсивии ДАМ тавсиф карда мешавад. Аммо дар марҳилаи дуюм (аз 6 то 12 рӯз) ҳар ду нишондиҳандаҳо якхела буданд ва ба дараҷаи доимӣ гузаштанд, ки ҳатман дар фаъолнокии ферментҳои антиоксидант зоҳир шудааст.

Ҳамин тавр, натиҷаҳои ба даст овардашуда нишон доданд, ки бар хилофи барг системаи решани растани картошка барои ғун намудани прооксидантҳо иқтидори паст дорад. Ин аз дараҷаи баланди фаъолнокии ферментҳои антиоксидантӣ монанди пероксидаза, каталаза, СОД алоқаманд аст.

## ХУЛОСА

### Натиҷаҳои асосии илмии диссертатсия

1. Муайян карда шудааст, ки растани клон-дурагаи № 52/6 ва № 26 ва навъҳои Тоҷикистон ва Пикассои, картошка дар шароити *in vitro* аз рӯи баъзе нишондиҳандаҳои физиологӣ ва биохимиявӣ то андозае фарқ мекунанд, аммо фаъолияти умумии ферментҳои антиоксидантӣ ва системаи прооксидантӣ дар мувозинат қарор дорад, ки ин ҳодиса гомеостази пероксидӣ номида мешавад, ки ин нишондиҳандаи мутобиқшавии растани ба шароити стрессӣ мебошад [1-А].

2. Нишон дода шудааст, ки дар шароити *in vitro* ва *ex vitro* миқдори хлорофиллҳо ва каротиноидҳо хеле фарқ мекунанд ва ба ҷамъшавии комплексҳои рӯшнӣ ҷамкунанд (КРҶ) фотосистемаи таъсири муайян мерасонанд. Афзоиши миқдори хлорофиллҳо (хл *a* и хл *b*) дар шароити *ex vitro* аз афзоиши миқдори ҷузъҳои КРҶ шаҳодат медиҳад ва ин ба кори самараноки занчири интиқоли электронҳои хлоропласт мусоидат менамояд, ки дар навбати ҳуд метавонад ба ҳосилшавии радикалҳои озоди оксиген дар хлоропластҳо сабаб шавад [2-А, 6-А].

3. Муқаррар карда шудааст, ки дар растани клон-дурагаи №26 ва № 52/6 ва навъҳои Тоҷикистон ва Пикассо, суръати нобаробари генератсияи аниони радикалии оксигени супероксидӣ, ки шакли нисбатан ҳавфноки АФҚ аст, мавҷуд дорад. Дар растани клон-дурагаи №52/6 дараҷаи ғуншавии АФҚ нисбат ба клони №26 каме баланд аст, ки ин

аз рушди суст ё самаранокии пасти системаи муҳофизатии ин клон шаҳодат медиҳад [1-А, 4-А].

4. Нишон дода шудааст, ки дар шароити *in vitro* миқдори ками ДАМ ҳам дар барг ва ҳам дар решаша мушоҳид мешавад. Ҳангоми гузаронидани растаний ба шароити *ex vitro* ғуншавии босуръати ДАМ қайд шудааст, ки минбаъд ҳангоми парвариши регенерантҳои картошка дар маҳлули ғизоии обу омехтаи минералии МС (*ex vitro*) зиёд мешаванд [4-А, 7-А].

5. Муқаррар карда шудааст, ки ду марҳилаи стресс мавҷуд аст: ҳассос, қўтоҳмуддат (то 3 рӯз) ва дарозмуддат, маҳсус (аз 6 то 12 рӯз). Ин давраҳо дар баргу решаша аз чиҳати дараҷаи ғуншавии ДАМ ва  $H_2O_2$  фарқият доранд. Давраи ҳассос ҳам дар барг ва ҳам решаша ба зиёдшавии миқдори  $H_2O_2$  ва пайдошавии босуръати ДАМ хос аст. Аммо дар марҳилаи дуюм (аз 6 то 12 рӯз) ҳар дуи ин нишондиҳандаҳо якхела буданд ва ба сатҳи доимӣ гузаштанд, ки фавран ба фаъолияти ферментҳои антиоксидантӣ таъсир расондааст [3-А ].

6. Бори нахуст ошкор карда шудааст, ки системаи решаша растаниҳо бар хилофи баргҳо қобилияти баланди устуворнокӣ дорад. Ин ба дараҷаи баланди фаъолнокии ферментҳои антиоксидантӣ, маҳсусан гвайколпероксидаза вобаста аст, ки мавҷудияти ба узв хоси ҷойгиршавии ферментҳои антиоксидантиро нишон медиҳад [3-А, 5-А].

7. Фаъолияти нисбатан баланди СОД дар хлоропластҳои дурага-клони № 26 дар шароити хушкӣ аз он шаҳодат медиҳад, ки ин генотип дорои системаи пурқуввати антиоксидантӣ мебошад, ки шаклҳои фаъоли оксигенро дар марҳилаи рӯшноии фотосинтез безарар мегардонад, нисбат ба генотипи №52/6 [1-А, 3-А, 4-А, 5-А].

8. Нишон дода шуд, ки дар генотипи устувор (тобовар) (навъи Тоҷикистон) ҳангоми боздоштани синтези сафедаи ферментҳо миқдори  $H_2O_2$  ва фаъолнокии ферменти пероксидаза якбора зиёд мешавад. Ин дар генотипи ба стресс ноустувор (навъи Пикассо) мушоҳид мешудааст ва клони нави ояндадори № 26 дар ҳамаи ин нишондиҳандаҳо мавқеи мобайнӣ дорад.

### **Тавсияҳо барои татбиқи амалии натиҷаҳо**

Дар рисола фарқиятҳои функционалии байни ферментҳои системаи антиоксидантии баргу решашои картошка ошкор карда шудааст, ки онро барои ташхиси бармаҳали мутобиқшавӣ ва ҳосилнокӣ дар шароитҳои номусоиди муҳити зист истифода намудан мумкин аст. Системаи решаша як узвест, ки устуворнокии растаниро нишон медиҳад. Натиҷаи таҷрибавии таҳқиқоти бадастомадаро барои курсҳои маҳсус оид ба асосҳои молекулавии устуворнокӣ барои мактабҳои олии Тоҷикистон истифода бурдан мумкин. Дурага-клони № 26-ро барои санчиш дар минтаҷаҳои картошкапарварии Тоҷикистон тавсия намудан мумкин аст.

## РҮЙХАТИ АСАРХОИ НАШРШУДА

### **Мақолаҳо дар маҷаллаҳои тақризшаванда:**

**[1-А]. Диловарова Н.С.** Индукия антиоксидантной системы растений картофеля *Solanum tuberosum* [Текст] / Н.С. Диловарова, . Н.Х. Норкулов, З.Б. Давлатназарова, И.С. Каспарова, М. Садриддинов, К.А. Алиев А.К // Известия АН РТ. Отделение биол. и мед.наук. – 2020. – №2 (209). – С. 38–45.

**[2-А]. Диловарова Н.С.** Формирование содержание фотосинтетических пигментов в условиях *in vitro* и *ex vitro* у растений регенерантов картофеля *Solanum tuberosum L.* [Текст] / Н.С. Диловарова, Н.Х. Норкулов, У.К. Алиев, М.Х. Шукрова, К.А. Алиев // Известия АН РТ. Отделение биол. и мед.наук. – 2021. – №1(212). – С.74–81.

**[3-А]. Диловарова Н.С.** Органоспецифичность при –и антиоксидантной системы в условиях *in vitro* и *ex vitro* у картофеля [Текст] / Н.С. Диловарова, К.А. Алиев, Н.Х. Норкулов, М.Х. Шукрова, З.Х. Норкулова // Докл. АН РТ, 2021, Т. 64, № 5- 6. С. 341-345.

**[4-А]. Диловарова Н.С.** Функционирование про-и антиоксидантной системы у растений картофеля *in vitro* [Текст] / Н.С. Диловарова, Н.Х. Норкулов, М. Садриддинов, К.А. Алиев // Известия АН РТ. Отделение биол. и мед.наук. – 2021. – №2(213). – С.37–43.

**[5-А]. Диловарова Н.С.** Перекисное окисление липидов у растений *Solanum tuberosum L.* в условиях *ex vitro* [Текст] / Н.С. Диловарова // Докл. АН РТ, 2022, Т. 65, № 1- 2. С. 128-131.

### **Мақолаҳо дар маводҳои конференсияҳо:**

**[6-А]. Диловарова Н.С.** Морфофизиологические и биохимические основы устойчивости растений картофеля *in vitro*. //Н.С. Диловарова, М.Ш. Гафурова, О.А. Рахимов//Сборник научных статей. Республиканская научно – практическая конференция студентов, магистров, докторантов на тему «Вклад молодежи в применение современных инновационных технологий в науке и сельскохозяйственном производстве»  
Душанбе 2022. С 10-14.

**[7-А]. Диловарова Н.С.** Фотосинтетические пигменты генотипов картофеля в условиях водно-солевого стресса *in vitro* и *ex vitro* [Текст] / Н.С. Диловарова, З.Х. Норкулова, К.А.Алиев // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Биоразнообразие горных экосистем Памира в связи с изменением климата» г. Хорог 2021.С.151-153.

**[8-А]. Диловарова Н.С.** Органоспецифичность антиоксидантной системы защиты картофеля [Текст] / Н.С. Диловарова, Н.Х. Норкулова, М.Х. Шукрова, З.Х. Норкулова, //

Республиканской научно-практической конференции «Биоразнообразие горных экосистем Памира в связи с изменением климата» Душанбе 2021. С. 153-154.

[9-А] **Диловарова Н.С.** Действие полиэтиленгликоля на содержание воды и пролина в листьях разно-устойчивых растений- регенерантов картофеля *ex vitro* [Текст] / Н.С. Диловарова, З.Б. Давлятназарова, М.Х. Шукрова, К.А. Алиев // International scientific and theoretical conference on the topic. “Use of innovative methods in increase of productivity of fruit trees, grapes, vegetable crops and poteto” Душанбе 2022. С .185-188.

[10-А] **Диловарова Н.С.** Ориганспецифичность системы защиты растений картофеля в условиях стресса[Текст] / Н.С. Диловарова, З.Х. Норкулова, К.А. Алиев //Международной научной конференции. «Становление и развитие экспериментальной биологии в Таджикистане» Душанбе 2022. С 52-53.

[11-А]. **Диловарова Н.С.** Особенности накопления антиоксидантных ферментов у картофеля *Solanum tuberosum L.* в условиях *in vitro* и *ex vitro*. //XV Международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития», посвящённой Международному году фундаментальных наук в интересах устойчивого развития. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева Москва 2023. С.43-45.

## АННОТАЦИЯ

**автореферати диссертации Диловарова Нигина Сифатшоевна дар мавзуи «Хусусияти ба узвҳо хоси системаҳои про-антиоксидантӣ дар растаниҳои *Solanum tuberosum L.*» барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои биологӣ аз рӯи ихтисоси 03.01.05 – Физиология ва биохимияи растаниҳо**

**Калимаҳои калидӣ:** устуворнокӣ, картошкა, *in vitro*, *ex vitro*, пигментҳои фотосинтетикӣ, ферментҳои антиоксидантӣ, малондиалдегид (ДАМ), супероксиддисмутаза (СОД).

**Мақсади таҳқиқот** - омӯзиши хусусиятҳои ба узвҳои растаний хосбудаи системаҳои про-ва антиоксидантии растаниҳои *in vitro* ва *ex vitro* ҳангоми парвариш дар шароити хушкӣ.

**Маводҳо ва усулҳои таҳқиқот:** Омӯзиши фаъолнокии антиоксидантҳо дар дурагаклонҳои картошкабо истифода аз усулҳои физиологии, биохимиявӣ ва биотехнологӣ.

**Навоварии илмии таҳқиқот.** Нишон дода шудааст, ки ҳангоми аз шароити *in vitro* ба *ex vitro* гузарондани растаниҳо микдори хлорофилл ва каротиноидҳо хеле фарқ менамоянд. Ташаккулӯбии комплекси рӯшноиҷамъунандай пигментҳои фотосинтетикӣ дар шароити стресс (хушкӣ) аз вақти таъсири хусусияти хоси генотип вобастагӣ дорад.

Бори аввал фаъолнокии ба узвҳо хоси ферментҳои антиоксидантӣ нишон дода шудааст. Муайян карда шудааст, ки фаъолнокии гваяколпероксидаза ва каталаза дар шароити *in vitro* нисбат ба шароити *ex vitro* нисбатан пасттар аст.

Ошкор карда шудааст, ки ҳангоми дар шароити хушкӣ муддати дурудароз нигоҳ доштани растаниҳои регенератсияшуда фаъолнокии пероксидаза, гваяколпероксидаза дар барг назар ба решаше хеле паст мешавад; баръакс, фаъолнокии каталаза дар барг нисбат ба решашо нисбатан баландтар аст. Фаъолнокии каталаза дар барг ҳангоми таъсири тӯлонӣ дар шароити хушкӣ назар ба решашои ҳам растаниҳои барқароршуда ва ҳам навъҳои картошкаба таври назаррас тағиیر ёфтааст.

Муайян карда шудааст, ки дараҷаи фаъолнокии системаҳои муҳофизатии эндогенӣ ҳангоми таъсири стрессор дар хлоропластҳо нисбат ба ситозол баландтар аст.

Нақши ингибитори системаи транслятсионӣ ба фаъолнокии про- ва антиоксидантҳо ҳангоми таъсири динамикии стресс нишон дода шудааст.

**Аҳаммияти назариявӣ ва амалии таҳқиқот.** Натиҷаи таҳқиқот аз омӯзиши нақши ферментҳои антиоксидантӣ барои баланд бардоштани қобилияти устуворнокии растаний ба таъсири омилҳои стресӣ иборат мебошад ва як қисми соҳаи физиология ва биохимияи растаниҳо ба шумор меравад.

**Татбиқи натиҷаҳои ба даст овардашуда.** Натиҷаҳои тадқиқоти хусусиятҳои хоси системаҳои антиоксидантро ҳангоми иҷрои корҳои илмӣ-таҳқиқотӣ, инчунин дар самтҳои биологӣ ва кишоварзии донишгоҳҳо истифода бурдан мумкин аст.

## АННОТАЦИЯ

**автореферата диссертации Диловаровой Нигинь Сифатшоевны на тему: «Органоспецифичность про-антиоксидантной системы у растений *Solanum tuberosum L.*» на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.05 – Физиология и биохимия растений**

**Ключевые слова:** устойчивость, картофель, *in vitro*, *ex vitro*, фотосинтетические пигменты, антиоксидантные ферменты, малоновый диальдегид, супероксиддисмутаза.

**Цель исследования** - Изучение органоспецифических особенностей про- и антиоксидантной системы растений *in vitro* и *ex vitro* в условиях засухи.

**Материалы и методы исследования:** Изучение антиоксидантной активности у клон- гибридов картофеля с использованием физиологических, биохимических и биотехнологических методов.

**Научная новизна исследования.** Показано, что при переводе растений из условий *in vitro* в *ex vitro* содержание хлорофиллов и каротиноидов существенно отличается. Формирование светособирающего комплекса пигментов фотосинтеза в условиях стресса (засухи) зависит от времени воздействия и от генотипа.

Впервые показана органоспецифичность активности антиоксидантных ферментов. Установлено, что активность гвяяколпероксидазы и каталазы в условиях *in vitro* была значительно ниже, чем в условиях *ex vitro*.

Выявлено, что при продолжительном выдерживании растений-регенерантов в условиях засухи активность гвяяколпероксидазы в листьях значительно ниже, чем в корнях; и наоборот, активность каталазы в листьях выше, чем в корнях. Активность каталазы в листьях при продолжительной экспозиции в условиях засухи менялась значительно больше, чем в корнях как у растений-регенерантов, так и у сортов картофеля.

Выявлено, что степень функционирования системы эндогенной защиты в условиях стресса в хлоропластах более высокая, чем в цитозоле.

Показана роль ингибитора трансляционной системы на активность про- и антиксидантов в динамике воздействия стресса.

**Теоретическая и практическая значимость исследования.** Результат исследования заключается в изучении роли антиоксидантных ферментов в усилении устойчивости растений к воздействию стрессовых факторов и является частью физиологии и биохимии растений.

**Применение полученных результатов.** Результаты исследований особенности антиоксидантной системы могут быть использованы в научно-исследовательской работе, в университетах биологического и аграрного профиля.

## ANNOTATION

**abstract of the dissertation of Dilovarova Nigina Sifatshoevna on the topic: “Organ specificity of the pro-antioxidant system in plants *Solanum tuberosum L.*” for the academic degree of Candidate of Biological Sciences in specialty 03.01.05 – physiology and biochemistry of plants**

**Key words:** resistance, potato, in vitro, ex vitro, photosynthetic pigments, antioxidant enzymes, malondialdehyde, superoxide dismutase.

**The purpose of the study** - Study the organ-specific characteristics pro- and antioxidant systems of plants in vitro and ex vitro under drought conditions.

**Materials and research methods:** Study of antioxidant activity in potato clone hybrids using physiological, biochemical and biotechnological methods.

**Scientific novelty of the research.** It has been shown that when plants are transferred from in vitro to ex vitro conditions, the content of chlorophylls and carotenoids differs significantly. The formation of the light-harvesting complex of photosynthetic pigments under stress (drought) conditions depends on the time of exposure and the genotype.

For the first time, the organ-specific activity of antioxidant enzymes has been demonstrated. It was found that the activity of guaiacol peroxidase and catalase under in vitro conditions was significantly lower than under ex vitro conditions.

It was revealed that when regenerated plants are kept for a long time under drought conditions, the activity of guaiacol peroxidase in the leaves is significantly lower than in the roots; conversely, catalase activity in leaves is higher than in roots. Catalase activity in leaves during prolonged exposure to drought conditions changed significantly more than in roots of both regenerated plants and potato varieties.

It was revealed that the degree of functioning of the endogenous defense system under stress conditions in chloroplasts is higher than in the cytosol.

The role of the translation system inhibitor on the activity of pro- and antioxidants in the dynamics of the effects of stress has been demonstrated.

**Theoretical and practical significance of the research.** The result of the study the role of antioxidant enzymes in enhancing plant resistance to stress factors and is part of the physiology and biochemistry of plants.

**Application of the obtained results.** The results of research into the characteristics of the antioxidant system can be used in research work at biological and agricultural universities.