

ДОНИШГОҶИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН

Ба ҳуқуқи дастнавис

ТДУ:582.8

ТКБ:28.083

А-90

АСТАНАҚУЛОВА ГУРДОФАРИД МАҲРАМШОҶЕВНА

**ТАҲЛИЛИ СИСТЕМАИ АНТИОКСИДАНТӢ ДАР РАСТАНИИ
SOLANUM TUBEROSUM L. БО ИСТИФОДАИ ОМИЛИ ЭКЗОГЕНИИ
БРАССИНОСТЕРОИДӢ**

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии доктори фалсафа (Ph.D),
доктор аз рӯйи ихтисоси 6D060718 – Физиология ва биохимияи растаниҳо

Душанбе-2023

Таҳқиқотҳо дар кафедраи биотехнологияи факултети биологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон иҷро гардидаанд

Роҳбари илмӣ: **Қиёмзода Зарафо Суфичон** - номзади илмҳои биология, муовини аввали раиси Кумитаи ҳифзи муҳити зисти назди ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон

Мушовири илмӣ: **Алиев Қурбон** - узви вобастаи АМИТ, доктори илмҳои биологӣ, профессори кафедраи биотехнологияи факултети биологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Муқарризи расмӣ: **Сабурова Анна Муҳаммадиевна** - доктори илмҳои биологӣ, профессори кафедраи биохимияи 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

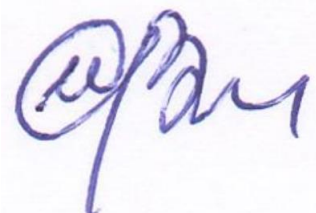
Муассисаи пешбар: Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш.Шоҳтемур

Ҳимоя «18» майи соли 2023 соати 14⁰⁰ дар шӯрои диссертатсионии 6D.КОА-038 назди Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бо нишони: 734025, ш. Душанбе, кӯчаи Буни Ҳисорак, бинои 16 баргузор мегардад. E-mail: saugat75@mail.ru

Бо диссертатсия ва автореферат дар китобхонаи марказии Донишгоҳи миллии Тоҷикистон бо нишони: 734025, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ 17 ва дар сомонаи расмии ДМТ www.tnu.tj шинос шудан мумкин аст.

Автореферат «___» _____ соли 2023 фиристода шудааст.

Котиби илмӣ
шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои биологӣ



Иброгимова С. И.

МУҚАДДИМА

Муҳимияти мавзӯи таҳқиқотӣ. Методҳои биотехнологӣ имкон медиҳанд, ки дар муҳлати кӯтоҳ шаклҳои растании дорои хосияти ба омилҳои стрессӣ мутобиқ ва маҳсулноқ ба даст оварда шаванд, ки ин минбаъд барои истеҳсоли тухмии картошкаи солимгардонидашуда замина мегузорад ва истеҳсоли тиҷоратиро бо хароҷоти кам ба роҳ мемонад.

Қаблан пешниҳод шуда буд, ки асоси таҳаммулпазирии баланди растанӣ дар шароити зиёдшавии концентратсияи намак ба самаранокии системаи гомеостатӣ асос ёфтааст. Ошқор карда шудааст, ки дар марҳилаи мутобиқшавии растанӣ равандҳои биохимиявии мутобиқшавӣ, гомеостаз ё энантостаз нақши муҳим доранд, ҳамзамон фаъолияти доимии системаи мубодилаи моддаҳои ҳуҷайраро ҳангоми тағйирёбии муҳити зист ба танзим медарорад [Алиев К.А., 2013; Сайдализода С.Ф., 2019].

Аз ин лиҳоз, омӯзиши механизмҳои устувории растанӣ, хусусан картошка, аҳамияти махсус дорад ва барои ба вучуд овардани шаклҳои нави хусусияти антиоксидантӣ ва сермаҳсул дар шароити тағйирёбии иқлим муҳим ба шумор меравад.

Дар солҳои охир дар адабиётҳои илмӣ вазифаи баъзе гормонҳои растанӣ ҳамчун танзимкунандаи афзоиш ва инкишофи растанӣ дар шароити таъсири омилҳои стрессӣ васеъ мавриди баррасӣ қарор гирифтааст [Алиев К.А., 2010; Сайдализода С.Ф., 2019].

Дар байни онҳо brassinosteroidҳо (БС) аҳамияти махсус доранд, ки нисбат ба дигар гормонҳо дорои як қатор бартарихо мебошанд. Онҳо бевосита ба фаъолияти ферментҳо, синтези кислотаҳои нуклеинӣ, сафедаҳо ва мубодилаи моддаҳо таъсир расонида, метаболизм, раванди афзоиш ва инкишофро танзим намуда, мувозинати гормоналиро тағйир медиҳанд [Ефимова М.В., 2010; Ефимова М.В., ва дигарон. 2018]. Ғайр аз ин, brassinosteroidҳо дар муқоиса нисбат ба дигар гормонҳо бо концентратсияи паст истифода бурда мешавад, ки он барои истифода дар корҳои илмию амалӣ беҳатар мебошад.

Айни замон таъсири зиддистрессии brassinosteroidҳо кам омӯхта шудааст. Омилҳои нисбатан зараровар дар истеҳсолоти кишоварзӣ, чунин омилҳои табиӣ ба шумор мераванд, ба монанди шӯршавии хок, норасоии об, ҳарорати баланди ҳаво, ки оқибати онҳо дар пастшавии маҳсулнокии растаниҳои мазрӯӣ ва худрӯӣ, камшавии гуногунии биологӣ, хусусан дар мамлакатҳои вазъи иқтисодӣ аз истеҳсолоти кишоварзӣ вобастагӣ дошта, зоҳир мегардад. Яке аз роҳҳои имконпазири муҳофизати растаниҳои кишоварзӣ аз таъсири омилҳои табиӣ стрессӣ – ин истифодаи гормонҳои аз ҷиҳати экологӣ тоза, дар мисоли brassinosteroidҳо мебошад, ки ин гормонҳои растанӣ буда, нисбатан кам мавриди омӯзиш қарор гирифтааст.

Дараҷаи омӯзиши вазифаҳои илмӣ. Таҳлили системаҳои антиоксидантӣ дар шароити таъсири омилҳои стрессӣ бо истифода аз гормони растанӣ brassinosteroid (2,4-брасинолид-БС) дар адабиётҳои илмӣ нисбатан кам

дарҷ гардида аст. Вобаста аз ин нуқтаи назар баҳодиҳии қиёсии ин гормон дар шароити таъсири омилҳои стрессӣ ва ошкор намудани фаъолияти транскрипсионии геном дар ҳамин шароит аҳаммияти махсуси илмию амалӣ дорад. Маълумотҳои ҳамшабеҳи таҳқиқотӣ дар ахбороти як қатор муаллифон оварда шудааст [Ефимова ва дигарон., 2018; Алиев К., ва дигарон, 2015; Киёмова З.С., ва дигарон, 2017; Саидвализода С.Ф., 2019].

ТАВСИФИ УМУМИИ ҚОР

Мақсади таҳқиқоти илмӣ мо таҳлили системаи антиоксидантӣ дар растании *Solanum tuberosum* L. бо истифодаи омилҳои экзогенӣ брассиностероидӣ мебошад.

Вазифаҳои таҳқиқот:

1. Қоркарди усули соддакардашудаи солимгардонии растании картошка бо истифода аз маводи зиддивирсии рибаверин;
2. Таҳлили пигментҳои фотосинтетикӣ дар шароити стрессӣ шӯрӣ;
3. Таҳлили ферментҳои антиоксидантӣ дар шароити шӯрии намакӣ ва норасоии об, бо таъсири брассиностероидӣ;
4. Муайян намудани миқдори пролини озод дар шароити шӯрӣ ва норасоии об;
5. Таҳлили фаъолияти транскрипсионӣ ҳангоми норасоии об ва шӯрии намакӣ.

Объекти таҳқиқот. Ба сифати объекти таҳқиқот картошка ҳамчун муҳимтарин маҳсулоти озуқаворӣ кишоварзии Тоҷикистон истифода шудааст, ки он аз ҷиҳати таъсири гормони брассиностероидӣ ба нишондиҳандаҳои физиологӣ дар шароити муътадил ва ҳангоми стресс дар шароити *ex vitro* то ҳол омӯхта нашудааст.

Ҳамчун объекти таҳқиқот эксплантҳои асептикӣ наваҳои картошка: навъи ватаниӣ сермаҳсули Тоҷикистон ва миёнапази сермаҳсули Пикассо (Ҳолланд) истифода бурда шудааст.

Маводи таҳқиқот. Ба сифати маводи таҳқиқоти растани-регенерантҳои (*in vitro*) навъҳои ояндадори картошка - навъи Пикассо (Ҳолланд) ва навъи Тоҷикистон (Ҷумҳурии Тоҷикистон) истифода шудаанд.

Мавзӯи таҳқиқот. Таҳлили системаи антиоксиданти дар растании *Solanum tuberosum* L. бо истифода аз омилҳои экзогенӣ брассиностероидӣ.

Марҳилаҳои таҳқиқот. Иҷрои қорҳои илмӣ-таҳқиқоти дар доираи мавзӯи рисола дар давоми солҳои 2018-2021 ҳангоми таҳсил дар докторантура (PhD) анҷом дода шудааст.

Усулҳои таҳқиқот. Дар таҳқиқот усулҳои муосири ташҳиси системаҳои антиоксидантӣ, ба монанди фаъолнокии каталаза [Аеби Н., 1984] пероксидаза [Шевякова Н.И., ва дигарон, 2002], миқдори малондиалдегид [Buege J. A., et. al. 1978] ва пролини озод [Bates L.S., et. al., 1973] ва ғайраҳо истифода шудааст.

Асосҳои назариявӣ ва методологии таҳқиқот. Вазифаи таҳқиқот маҷмӯи усулҳои асосии методологии мавҷударо дар бар мегирад, ки имкон медиҳад роҳҳои мутобиқшавии растаниҳо дар шароити стрессӣ, инчунин

хусусиятҳои ҷойгиршавии ОПЛ/АО ошкор карда шаванд. Асоси таҳқиқоти мо усулҳои методологӣ, равиши муосири илмӣ дар асоси усулҳои биохимия, биологияи молекулавӣ ва биотехнологияи муаллифони хориҷӣ ва ҳам ватанӣ мебошад.

Соҳаи таҳқиқот. Ба яке аз самтҳои муосири физиология ва биохимияи растанҳо ба истифодаи феномика - ташҳиси биоинформатикии ҳолати растанҳои ҳангоми таъсири шароити стресси иқлимӣ алоқаманд аст.

Баҳши таҳқиқот. Кори диссертатсионӣ мувофиқи талаботи шиносномаи Комиссияи олии Аттестатсионии назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон аз рӯи ихтисоси 6D060718– Физиология ва биохимияи растанҳо анҷом дода шудааст. Мундариҷаи рисола ба мақсад ва вазифаҳои таҳқиқот мувофиқат менамояд, таҳқиқотҳо оид ба омӯзиш ва нақши системаи антиоксидантии муҳофизати растанӣ аз таъсири омилҳои стрессӣ, таъсири гормонҳои нави растанӣ дар танзими системаи транскрипсионӣ дар шароити муқаррарӣ ва стрессӣ дар ду генотипи картошкаи дараҷаи устуворнокиашон гуногун гузаронида шудааст.

Эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсия. Омӯзиши биохимияи стресс бо маълумотҳои зиёди фарқкунандаи таҷрибавӣ ва коркарди омории онҳо бо истифода аз барномаи стандартӣ ва компютери MS Excel амалӣ карда шудааст.

Навоварии илмӣ таҳқиқот. Усули соддаи солимгардонии картошкаи бевирӯс бо истифода аз маводи зидди вирусии рибаверин коркард карда шудааст. Навҳои таҳқиқшуда (Пикассо ва Тоҷикистон) аз рӯи дараҷаи устуворнокиашон ба шӯрӣ фарқ мекунанд. Навҳои Тоҷикистон зери таъсири стресси шӯрӣ дараҷаи обнокии бофтаро дар сатҳи баланд нигоҳ дошта, ба коҳиши хлорофилл «а» ва қатъшавии равандҳои рушду нумӯъ нисбат ба навҳои Пикассо камтар осебпазир мебошад. Навҳои Тоҷикистон нисбат ба навҳои Пикассо ба шароити шӯрӣ ва хушкӣ устувортар мебошад.

Муқаррар карда шудааст, ки таносуби оксидшавии перексидии липидҳо ва антиоксидантӣ (ОПЛ/АО) дар навҳои Пикассо нисбат ба навҳои Тоҷикистон 5 маротиба зиёд аст. Ин аз фаъолияти баланди системаи антиоксидантӣ шаҳодат медиҳад ва дар навҳои Тоҷикистон хусусияти аз ҷиҳати генетикӣ собитшуда ба шумор меравад.

Бори аввал дар бораи нақши гормони brassinosteroid дар ангезиши фаъолнокии транскрипсионии геном, махсусан дар шароити шӯрнокӣ ва норасоии об маълумотҳо ба даст оварда шуданд. Бори аввал нишон дода шудааст, ки brassinosteroid ва пролин дар таквияти ферментҳои антиоксидантӣ ҳамдигарро пурра наменамоянд, аммо ҳангоми таъсири шароити стрессӣ мувофиқи механизмҳои мустақил амал менамоянд.

Базаи асосии иттилоотӣ-таҳқиқотӣ. Рисолаи илмӣ дар заминаи кафедраи биотехнологияи факултети биологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон иҷро карда шудааст. Зиёда аз 180 сарчашмаи адабиётҳои илмӣ ва таҳлили дар ҳолати муосири физиология ва биохимияи стресс таҳқиқ карда шудааст.

Пайвастанӣ кор бо барномаҳои давлатӣ ва мавзӯҳои илмӣ давлатӣ.

Самтҳои афзалиятноки корҳои илмӣ-таҳқиқотӣ тибқи Қарори Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон аз 03.03.2010с, таҳти №167 «Мутобиқшавии физиологияи биохимиявӣ ва механизмҳои танзими устуворнокии организмҳои зинда ба таъсири стресс» ва афзалият дар рушди кишвар дар ҷаҳорҷӯбаи «Стратегияи Ҷумҳурии Тоҷикистон дар соҳаҳои илм, технология ва инноватсия то соли 2030 ҷиҳати таъмини амнияти озуқаворӣ ва дастрасии аҳоли ба ғизои хушсифат» анҷом дода шудааст. Аз ин лиҳоз, интиҳоби мавзӯи рисола ба самтҳои афзалиятноки нишондодашуда мувофиқат менамояд.

Нуқтаҳои асосии барои Ҷимоя пешниҳодшуда.

1. Нақшаи соддаи асоснок кардашудаи ба даст овардани растанӣ-регенерантҳои бевирус аз микроэксплантҳои майсаҳои наврустаи лӯндаи картошкаи навъи Тоҷикистон бо истифода аз маводи зиддивирусии рибаверин.

2. Таҳқиқи механизмҳои муҳофизати антиоксидантии растании картошка дар шароити норасоии об ва нақши ферменти гваяколпероксидаза.

3. Таъсири гормони брассиностероидӣ ба қобилияти устуворнокии растании картошка ҳангоми норасоии об ва дараҷаи ҷамъшавии пролини озод.

4. Нишондиҳандаҳои шиддатнокии оксидшавии пероксидии липидҳо ба хусусиятҳои фаъолнокии муҳофизати антиоксидантии (гваяколпероксидаза) картошкаи навъи Пикассо ва Тоҷикистон.

Дараҷаи азхудкунии масъалаҳои илмӣ ва асосҳои назариявӣ методологии таҳқиқот. То ҳол дар бораи истифодаи гормони брассиностероид дар танзими нишондиҳандаҳои физиологияи биохимиявии картошка маълумотҳо кам ба даст оварда шудаанд [Сайвализода С.И., ва дигарон, 2020; Киёмова З., ва дигарон, 2017]. Аммо айни замон ин гормон дар бисёр корҳо бо дигар растанҳои ғизои истифода бурда мешавад [Ефимова М.В., ва дигарон, 2018].

Корҳои илмӣ таҳлилшуда дар бораи хусусияти таъсири брассиностероидҳо ба мустақам намудани системаи муҳофизати растанӣ аз таъсири стрессҳои табиӣ маълумоти пурра дода наметавонанд. Аз ин лиҳоз таҳқиқоти мазкур ба инкишофи самти нави биология - феномикаи муосир ҳиссае мегузорад.

Арзиши назариявӣ диссертатсия. Натиҷаи кор оид ба таъсири гормони брассиностероид дар пурзӯр намудани системаи транскрипсионӣ ба самти муосири биология - геномика сахм мегузорад. Танзими ҷузъҳои прооксидант ва унсурҳои антиоксидантии ҳуҷайра ба тағйирёбии мақсадноки ҳолати растанӣҳо дар шароити тағйирёбии иқлими бе талафёбии маҳсулноки мусоидат мекунад, ки далели муҳим оид ба рушди самти нави биология мебошад.

Дар натиҷаи таҳқиқот бори аввал ҷузъҳои про - ва антиоксидантӣ, ки қобилияти мутобиқшавии растанӣҳоро дар шароити таъсири стрессӣ, аз қабилӣ шӯрноки ва норасоии об, муайян карда шуд. Дар асоси ин

маълумотҳо пешниҳод карда мешавад, ки бо ёрии омилҳои экзогенӣ (масалан, гормонҳо) раванди маҳсулнокии растаниро ҳангоми таъсири омилҳои стрессӣ танзим намудан мумкин аст ва ин ба таҳрезии ҳосилнокии растанӣ ҳангоми таъсири тағйирёбии иқлим имкон медиҳад.

Натиҷаҳои ба дастомада нишон медиҳанд, ки нақшаи коркард шудаи ба даст овардани растанӣ-регенерантҳои бе вирус дар асоси истифодаи микроэксплантҳои наваҳои наврустаи лӯндаи картошка, ки аз ҷиҳати иқтисодӣ самаранок мебошад, татбиқи натиҷаҳо дар истеҳсолот осон менамояд ва инчунин ба таҳқиқоти бунёдии физиология, биохимия ва биотехнологияи растанӣ мусоидат мекунад.

Саҳми шахсии доктараби дараҷаи илмӣ. Муаллиф пай дар пай иҷрои нақшаи тартибдодаи таҷрибаҳо кор карда баромада, усулҳои нави муосири таҳлили ферментҳои антиоксидантӣ ва тағйироти онҳо мустақилона иҷро намуда, нақшаи диссертатсияро тартиб дода, натиҷаҳо ва муҳокимаи онро дар рисола ҷойгир намудааст.

Таъйид (апробатсия)-и рисола ва иттилоот оид ба истифодаи натиҷаҳои он. Маводҳои асосии таҳқиқотии рисола дар як қатор конференсияҳо, аз ҷумла Конференсияи ҷумҳуриявии ДМТ; Конференсияи ҷумҳуриявии илмию назариявии ҳайати омӯзгорон ва кормандони ДМТ бахшида ба 30-солагии Истиклолияти давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон, 110-солагии зодрӯзи Шоири халқии Тоҷикистон, Қахрамони Тоҷикистон Мирзо Турсунзода, 110-солагии зодрӯзи нависандаи халқии Тоҷикистон Сотим Улуғзода ва «Бистсолагии омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илм ва маориф (2020-2040)» (Душанбе, 2021); Маводҳои конгресси ҷумҳуриявии илмӣ «Ҷуногунии биологии экосистемаҳои кӯҳии Помир дар робита бо тағйирёбии иқлим» (Хоруғ, 2021); Конференсияи «Хусусиятҳои экологии ҷуногунии биологӣ» (Кӯлоб, 7-8 октябри 2021) баррасӣ ва муҳокима гардиданд.

Интишори натиҷаҳои рисола. Оид ба мавзӯи рисола 15 маводи илмӣ дар маводҳои конференсияҳо, симпозиум ва семинарҳо, аз ҷумла 6 мақола дар маҷаллаҳои илмӣ тақризшавандаи аз ҷониби ҚОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба таърифи расидаанд.

Соҳтор ва ҳаҷми рисола. Рисола дар ҳаҷми 136 саҳифаи матни компютерӣ таҳия шуда, аз муқаддима, 4 боб, тавсифи адабиёт, қисми таҷрибавӣ (мавод ва усулҳои таҳқиқот, 2 боб дар бораи баёни натиҷаҳои ба дастомада), хулоса, тавсияҳои амалӣ ва рӯйхати адабиёти истифодашуда иборат аст. Дар рисола 16 ҷадвал ва 15 расм оварда шудааст. Номгуи адабиёти истифода шуда аз 180 манбаъ иборат буда, аз он 78 адад корҳои илмӣ бо забони русӣ ва 102 адад корҳои илмӣ бо забони англисӣ мебошанд.

ҚИСМИ АСОСИИ КОР ОБЪЕКТ ВА УСУЛҲОИ ТАҲҚИҚОТ

Парвариши картошкаи солимгардонидашуда дар шароити *in vitro*. Корҳои илми-таҳқиқоти дар назди кафедраи биотехнологияи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон гузаронида шудааст. Таҳқиқотҳо дар растаниҳои картошкаи навъи Тоҷикистон, ки дар хоҷагиҳои картошкапарвари Тоҷикистон васеъ парвариш карда мешаванд гузаронида шудааст. Навъи Пикассо ба сифати растаниҳои назоратӣ хизмат намудааст. Ин генотипҳои картошка хусусияти хуби нигоҳдорӣ ва устуворнокӣ ба бемориҳои вирусӣ доранд.

Муайян кардани фаъолнокии каталаза. Барои муайян намудани фаъолияти каталаза (КАТ) усули спектрофотометриро истифода намудем [Аеби Н., 1984].

Муайян кардани фаъолнокии гваяколпероксидаза. Фаъолияти гваяколпероксидаза бо усули спектрофотометрӣ бо истифода аз гваякол ба сифати субстрат муайян карда шуд [Шевякова Н.И., ва дигарон, 2002].

Муайян кардани диалдегиди малонӣ. Маҳсулнокии оксидшавии пероксиди липидҳоро (ОПЛ) бо усули спектрофотометрӣ дар реаксия бо кислотаи тиобарбитурӣ, дар асоси ҳосилшавии комплекси ранга - маҳсули диалдегиди малонӣ (ДАМ) мувофиқи Вееге J. A., ва дигарон, бо мкмол/г вазни тар ифода ёфтааст [Вееге J. A., et. al., 1978].

Таҷрибаҳо дар шароити *ex vitro*. Растанӣ-регенерантҳо дар фитотрон бо давраи рӯшноии 16/8 соат дар давоми 25-27 рӯз парвариш карда шуда, дар шароити *ex vitro* ба зарфҳо гузаронида шуд, ки онҳо дорои муҳити дукарата омехташудаи Мурасига-Скуг мебошанд. Ба сифати растаниҳои назоратӣ, растанӣ-регенерантҳои 9-рӯза истифода бурда шуд, ки онҳо дар маҳлули обу намакии Мурасига-Скуг ду маротиба ҳал карда шуда буданд. Барои омӯзиши таъсири брассиностероид дар шароити норасоии об, растанӣ-регенерантҳо ба маҳлули об-намак, ки дорои полиэтиленгликол (ПЭГ-6000) дар концентратсияи 6% ва эпинбрассиностероид дар концентратсияи 5×10^{-5} М-брассиностероид гузаронида шуданд.

Муайян намудани пролини озод. Пролини озод бо истифода аз усули Bates L.S., [Bates L.S., et. al., 1973] муайян карда шуд. Микдори нисбии обро (МНО) бо формулаи зерин муайян намудем: $МНО = \frac{(m_{\text{тар}} - m_{\text{хушк}})}{(m_{\text{тургорӣ}} - m_{\text{хушк}})} \cdot 100\%$; Норасоии об (НО) бо формулаи: $НО = \frac{(m_{\text{тар}} - m_{\text{хушк}}) - (m_{\text{тургорӣ}} - m_{\text{хушк}})}{(m_{\text{тургорӣ}} - m_{\text{хушк}})} \cdot 100\%$, муайян карда шуданд [Гончаров Н.Д., 1996].

НАТИҶАҲОИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади ин кор ба даст овардани растаниҳои аз вируси картошка озод дар шароити *in vitro* бо истифода аз маводи кислотаи фолӣ танзимшаванда ва маводи зиддивирусии 1,β-д-рибофуранзил-1,2,4-тиазол-3-карбоксамид (рибаверин) аз наврустаи картошка мебошад.

Моҳияти усули мазкури солимгардонии картошка ва зиёдунии микроклоналии он дар шароити *in vitro* бо он алоқаманд аст, ки қисми апикалии

(0,3-0,5мм) сабзакҳои этиолӣ чӯдо карда мешавад ва дар давоми 7 дақиқа дар хлориди меркурийи 0,15% стерилизатсия карда мешавад.

Бояд қайд намуд, ки наврустаҳои аз лӯндаи такрористехсолшудаи умумӣ озодгардонидашудаи растанӣ-регенерантҳоро аз сироятҳои вирусӣ қафолат намедихад. Усули коркард намудаи мо, растанӣҳоро аз вирусҳо ва дигар сироятҳо комилан тоза менамояд ва имкон медиҳад, ки дар муддати кӯтоҳ ба миқдори зиёди растанӣҳои регенератсияшуда, ки барои истеҳсоли картошкаи элитаи тухми ахаммияти калон дорад, ба даст оварда шавад.

Ин усул аз усулҳои мавҷуда фарқ мекунад:

- а) сатҳи баланди зиндамонии растанӣ-регенерантҳо дар шароити *in vitro*;
- б) якҷанд маротиба кам намудани вақти ба даст овардани растанӣҳои солимгардонидашуда дар шароити *in vitro*;
- в) паст будани дараҷаи растанӣ-регенерантҳои мутантӣ нисбат ба парвариши меристемавӣ;
- г) барои аз вирус тоза намудан нисбатан самараноктар (то 100%).

Ҳамин тавр, мо технологияи ба даст овардани навдаҳои солимро коркард намудем, ки марҳилаҳои зеринро дар бар мегирад:

1. Аз сабзак ё навдаҳои наврустаи лӯндаи картошкаи эксплантҳои ибтидоӣ ба даст оварда шуданд. Барои чӯдо намудани эксплантҳои ибтидоӣ истифода бурдани майсаҳои 10-15 рӯзаи лӯндаи картошка дар ҳарорати 20-22°C (дар торикӣ) мувофиқ аст. Майсаҳои наврустаи ё навдаҳоро бо маҳлули хлориди симоб (0,15%) дар муддати 7 дақиқа коркард намуда, қисми апикалии онро ба андозаи 0,3-0,5 мм ҳамчун экспланти аввалия истифода бурда шуд ва дар муҳити ғизоии Мурасига-Скуг ва илова кардани маводи зиддивирӯсии рибаверин (8мг/л) парвариш карда шуданд.

2. Индуксияи ташаккулёбии навдаҳо аз экспланти ибтидоӣ дар муҳити парвариши Мурасига-Скуг бо микро - ва макроэлементҳо, витаминҳо, сахароза ва агар мувофиқи усули Мурасига-Скуг, вале бе илова намудани кинетин ва 6-БАП-а (бензиламинопурин) гузаронида шуд. Истифодаи ин усул барқароршавӣ аз 73 то 89% -ро таъмин мекунад.

3. Барои ба таври максималӣ аз вирусҳо ва дигар сироятҳо тоза намудан дар муҳити Мурасига-Скуг мувофиқи тавсияи Мурасига-Скуг ва бо иловаи кислотаи индол раванӣ (КИР) - (2 мг/л), рибаверин (8 мг/л); кислотаи фолӣ (50 мг/л) парвариш намудан лозим аст.

Минбаъд баъзе нишондиҳандаҳои физиологии растанӣ-регенерантҳои солимгардонидашударо, ки аз қисми апикалии сабзидаи лӯндаи картошка ҳосил карда шуданд, бо истифода аз препарати зиддивирӯсии рибаверин дар шароити муътадил ва дар зери таъсири омилҳои стрессӣ ба даст оварда шуданд, дар шароити *ex vitro* мавриди омӯзиш қарор дода шуданд.

Навӣи Тоҷикистон нисбат ба дигар навҳо бартари дорад ва навӣи Пикассо бошад ба шӯрии намаки устувории баланд надорад. Растании навӣи Тоҷикистон ба консентратсияи намак дар нишондиҳандаи 0,5 и 1% NaCl тағйирот ба қайд гирифта нашуд, танҳо дар консентратсияи 1,5 тағйирот дар қадқаши ба мушоҳида расид, аммо навӣи Пикассо дар консентратсияи паст 0,5% NaCl тағйиротҳо ба қайд гирифта шуд.

Ҷадвали 1. - Таъсири шӯрии хлоридии хок (дар рӯзи 5-ум) ба дараҷаи обнокӣ ва норасоии об дар растани картошка (*ex vitro*)

Вариантҳо	Миқдори об, %		Норасоии об, %	
	Пикассо	Тоҷикистон	Пикассо	Тоҷикистон
Назоратӣ	88,3±0,38	88,2±0,33	12	12
NaCl 0,5%	86,2±0,41	88,3±0,37	14	12
NaCl 1,0%	80,4±0,37	86,4±0,44	26	14
NaCl 1,5%	72,2±0,49	84,5±0,47	38	26

Чунон ки аз рӯи маълумотҳои ҷадвали 1 айён аст, ҳангоми шиддатнокии пасти шӯрноки (0,5%), норасоии об амалан дар сатҳи растаниҳои назоратӣ буд. Бо зиёд шудани консентратсияи намак дар маҳлул то 1% ва 1,5%, норасоии об дар навъи Пикассо аз 26 то 38 % ва дар навъи Тоҷикистон нисбатан паст буда, аз 14 то 26%-ро нисбат ба растаниҳои назоратӣ ташкил доданд.

Яке аз хусусиятҳои асосие, ки гомеостази обии бофтаҳои растаниро дар шароити стрессӣ нигоҳ медорад, норасоии об мебошад, ки камшавии потенциали осмотикии ҳуҷайраҳои реша ва навдаҳоро таъмин менамояд, ки ин хосиятро навъи Тоҷикистон доро мебошад.

Тавре ки дар ҷадвали 2 нишон дода шудааст, миқдори пигментҳои фотосинтетикӣ дар регенерантҳои картошка дар шароити норасоии об, ки бо истифодаи полиэтиленгликол -6000 (ПЭГ) гузаронида шудааст, 1,5 маротиба кам шуда, таносуби хлорофиллҳо (**a+b**) ба каротиноидҳо андаке камтар шуда, 1,3 маротибаро ташкил дод. Коркарди наврустаҳои бо консентратсияи пасти брассиностероида ба таносуби хлорофиллҳо ба каротиноидҳо чандон таъсир нарасонд. Аммо бо зиёд шудани консентратсияи гормон ба 2 маротиба зиёд шудани синтези хлорофилли “**a**” ва 1,5 маротиба зиёд шудани синтези хлорофилли “**b**” боис гардид. Бояд қайд намуд, ки ангиизиш умумии таркиби пигментҳо ҳангоми коркард бо ПЭГ ва гормон то сатҳи назоратӣ аз ҳисоби зиёд шудани синтези хлорофилли “**a**” ва каротиноидҳо ба амал омадааст (ҷадвали 2).

Ҷадвали 2. - Таъсири брассиностероидҳо ба таркиби пигментҳои фотосинтетикӣ дар шароити норасоии об (навъи Тоҷикистон)

Вариантҳо	Хл а	Хл б	Каротиноид-ҳо	Суммаи хлорофиллҳо	Хл а/б	Хл а+b/каротиноидҳо
Назоратӣ	1,68±0,3	0,84±0,06	0,44±0,02	2,52	2,04	3,79
ПЭГ	1,33±0,2	0,72±0,05	0,58±0,05	2,05	1,84	2,33
БС (5x10 ⁷ М)	2,02±0,5	1,01±0,8	0,69±0,06	3,13	2,1	2,93
БС (5x10 ⁸ М)	1,72±0,3	0,88±0,05	0,57±0,05	2,60	1,95	5,08
ПЭГ+БС	1,93±0,3	1,02±0,07	0,69±0,06	2,94	1,89	2,79

Тахмин кардан мумкин аст, ки ин навъҳо аз ҷиҳати самаранокии фаъолияти системаи антиоксидантӣ дар зери таъсири намак фарқ мекарданд ва барои фаҳмидани муқовимати камтар метавонанд дар маркази таваҷҷӯҳи физиологҳо, биохимикон ва биологҳои молекулавӣ бошанд. Вобаста ба ин фарзия, таҳлили системаҳои антиоксидантӣ дар

навъҳои картошкаи омӯхташуда (Тоҷикистон ва Пикассо ҳамчун навъҳои назорат) моҳияти илмӣ доштанд.

Тавре ки маълумотҳои ҷадвали 3 нишон медиҳанд, аз рӯи шиддатнокии пероксидшавии липидҳо (ОПЛ), ки барои пайдоиши диалдегиди малонӣ (ДАМ) санҷида шудааст, навъҳои омӯхташуда ҳам аз рӯи меъёр ва ҳам ҳангоми таъсири намак ($NaCl$) хеле фарқ мекарданд. Микдори ДАМ дар баргҳои регенерантҳо ва решаҳо аз 0,3 то 11 мкмол/г вазни тару тоза фарқ мекард. Бевосита дар баргҳо сатҳи равандҳои ОПЛ дар ҳарду навъҳо якҷанд маротиба зиёд буд, ҳам дар шароити муътадил ва ҳам дар шароити шӯрии намакӣ.

Микдори зиёди ДАМ дар навъи Пикассо нисбат ба навъи Тоҷикистон ҳам дар барг ва ҳам дар реша мушоҳида шудааст.

Ҷадвали 3. – Шиддатнокии оксидшавии пероксиди липидҳо (ОПЛ) дар баргҳо ва решаҳои растанӣ-регенерантҳои картошка дар шароити стрессӣ шӯрӣ (ДАМ мкмол/г вазни тар) дар шароити *ex vitro*

Вариантҳо	Навъи Пикассо				Навъи Тоҷикистон			
	барг	%	реша	%	барг	%	реша	%
Назоратӣ	2,45±0,51	100	0,92±0,33	100	1,62±0,04	100	0,18±0,02	100
$NaCl$ 0,5%	3,11±0,4	127	1,41±0,06	153	1,72±0,03	112	0,19±0,02	106
$NaCl$ 1,5%	10,8±0,8	440	3,49±0,42	379	2,45±0,12	178	0,32±0,03	150

Ҳангоми кам будани консентратсияи намак (0,5 %) ҷамъшавии ДАМ дар навъи Пикассо - 27 %, дар навъи Тоҷикистон бошад, дар барг танҳо 12% зиёд шудааст. Решаи ҳар ду навъ ба шӯрӣ бештар тобовар мебошанд ва дар натиҷа ҷамъшавии ДАМ дар навъи Пикассо 53% зиёд мешавад ва дар навъи Тоҷикистон қимати он ночиз буда ҳамагӣ 6%-ро ташкил медиҳад.

Дар муҳити парвариш ҳангоми консентратсияи намак 1,5% будан дараҷаи ғуншавии ДАМ ҳам дар баргҳо ва ҳам дар решаҳои картошкаи навъи Пикассо якбора зиёд шуда, мутаносибан аз 380 ва 440%-ро ташкил медиҳад.

Аммо навъи Тоҷикистон ҳангоми 1,5% будани консентратсияи намак дар барг ва реша ДАМ-ро нисбат ба навъи Пикассо хеле камтар, мутаносибан 150 ва 178% маротиба ғун менамояд.

Ҳамин тавр, натиҷаҳои бадастомада нишон доданд, ки ин навъҳо ҳангоми таъсири намак ба таври ҷиддӣ фарқ мекунанд. Ин ба афзоиши системаи антиоксидантӣ дар шароити стрессӣ вобастагӣ дорад ва навъи Тоҷикистон дорой системаи комили антиоксидантӣ мебошад, ки дар шароити стрессӣ зиёд мешавад (ҷадвали 4).

Мумкин аст, ки аксуламалҳои мутобиқшавии ин навъҳо (Пикассо, Тоҷикистон) гуногун буда, дар шароити таъсири омилҳои стрессӣ бо роҳҳои гуногун пурзӯр карда мешавад. Ба сифати реаксияи ҷавобӣ ба ғайбҳои ОПЛ, системаҳои антиоксидантӣ ба вуҷуд меоянд, ки растаниҳоро аз нобудшавӣ ҳангоми таъсири омилҳои стрессӣ муҳофизат менамояд.

Чадвали 4. - Таъсири brassinosteroidҳо ба синтези КРН дар шароити норасоии об (навъи Тоҷикистон) *ex vitro*

Вариантҳо	Миқдори КРН мг/г вазни тар	% аз растаниҳои назоратӣ
Назоратӣ	1,88±0,2	100
ПЭГ-6000	1,05±0,2	56
БС	4,12±0,4	219
ПЭГ+БС	2,67±0,3	142

Натиҷаҳои чадвали 4 нишон медиҳанд, ки вобаста ба консентратсияи ҷорӣ brassinosteroidҳо фаъолияти транскрипсионии геномро тағйир медиҳанд. Ин гормон дар шароити норасоии об синтези КРН-ро тақрибан 2 маротиба зиёд мекунад. Ҳамин тариқ, дар назоратӣ миқдори КРН 1,88 мг/г вазни тарро ташкил менамуд, вақте ки ПЭГ ба муҳити ғизоии Мурасиге-Скуг илова карда шуд, миқдори КРН ба 1,05 мг/г баробар гардид. Ҳангоми коркарди растаниҳо бо brassinosteroidҳо миқдори КРН-ро то 4,12 мг зиёд намуд. Дар ҳолати растаниҳо бо ПЭГ+гормон коркард карда шуда, миқдори КРН ба 2,67 мг/г баробар шуд.

Ҳангоми парвариши растани-регенерантҳо дар шароити шӯрӣ чунин натиҷаҳо ба даст оварда шуданд (чадвали 5).

Чадвали 5. - Таъсири brassinosteroid ба синтези КРН дар шароити шӯрӣ (навъи Тоҷикистон) *ex vitro*

Вариантҳо	Миқдори КРН, мг/г вазни тар	% аз растаниҳои назоратӣ
Назоратӣ	1,73±0,2	100
0,5% <i>NaCl</i>	1,81±0,2	104
1,0% <i>NaCl</i>	1,77±0,2	102
1,5% <i>NaCl</i>	1,33±0,2	76
БС	3,32±0,4	191
БС+0,5% <i>NaCl</i>	3,66±0,5	211
БС+1,0% <i>NaCl</i>	3,22±0,4	186
БС+1,5% <i>NaCl</i>	2,76±0,3	159

Маълумотҳои чадвали 5 нишон медиҳанд, ки дар баробари зиёд шудани консентратсияи *NaCl* (аз 0,5 то 1,5%) тағйирёбии назарраси фаъолияти транскрипсионӣ мушоҳида мешавад. Ҳамин тавр, бо консентратсияи *NaCl* аз 0,5 то 1,0% дар навъи Тоҷикистон миқдори КРН-ро ба таври назаррас кам намешавад ва танҳо ҳангоми таъсири консентратсия ба 1,5%-и *NaCl* расидан, миқдори КРН коҳиш меёбад ва 1,33 мг дар як г вазни тар нисбат ба варианти назоратӣ (1,73 мг), яъне 76% аз варианти назоратиро ташкил медиҳад.

Brassinosteroid фаъолияти транскрипсияи растаниҳоро ба таври назаррас қариб ду маротиба зиёд менамояд. Бояд қайд намуд, ки ин гормон дар шароити шӯрӣ яқбора ба синтези КРН сабаб мешавад. Brassinosteroid самарайи таъсири *NaCl* -ро аз 0,5 то 1,0% кам менамояд.

Танҳо таъсири концентратсияи 1,5%-и *NaCl* синтези КРН-ро то 24% нисбат ба варианти назоратӣ кам менамояд.

Ҳамин тавр, маълумотҳои ба дастомада ошкор намуданд, ки brassinosteroid омилест, фаъолияти транскрипсияи геноми растаниро дар шароити стрессӣ - шӯршавӣ ва норасоии обро зиёд менамояд ва метавонад яке аз ҷузъҳои экзогении танзимкунандаи фаъолияти растанӣ бошад.

Brassinosteroid бо роҳи ангешиш додани фаъолияти транскрипсионии геном таъсири норасоии об ва шӯрнокиро хеле кам намуд. Маълум аст, ки бисёр омилҳои стрессӣ (шӯрноки, норасоии об, ҳарорат ва ғайра) қобилияти мутобиқшавии растанӣро паст менамояд. Ин бо роҳи ба вучуд овардани синтези системаҳои антиоксидантӣ дар сатҳи ферментҳо ва пайвастагиҳои хурд молекулаи дорои хосиятҳои муҳофизаткунанда ба даст омадааст. Ҳангоми мутобиқшавии растанӣ ба норасоии об асосан ангишторҳо, аминокислотаҳо ва дигар пайвастагиҳо нақши махсусро мебозанд. Дар байни аминокислотаҳо пролини озод мавқеъи асосиро ишғол менамояд, ки вазифаи зиддиоксидантии танзими осморегуляторӣ ва инчунин шаперони химиявӣ ба шумор меравад.

Маълумоти ҷадвали 6 нишон медиҳад, ки коркарди растанӣ бо ПЭГ боиси зиёдшавии миқдори пролин то 11,5 маротиба, БС-и экзогенӣ қариб 12,0 маротиба ва ҳангоми таъсири якҷоя (ПЭГ+БС) 11,0 маротиба, яъне ин гормон ғуншавии пролинро кам мекунад.

Ҷадвали 6. - Таъсири brassinosteroidҳо ба миқдорӣ пролини озод ҳангоми норасоии об

Вариантҳо	мкмол/г вазни тар	Бо ҳисоби %	Дараҷаи зиёдшавӣ
Назоратӣ	3,39±0,13	100	0
ПЭГ-6000	39,25±1,8	1150	11,5
БС	41,20±1,9	1215	12,0
ПЭГ+БС	37,4±1,8	1103	11,0

Ҳамин тавр, brassinosteroid ҳангоми норасоии об дар растанӣҳои картошка вазифаи муҳофизатии растанӣро зиёд намуда, дар айни замон ҷамъшавии пролини озодро кам кардааст. Brassinosteroidро бо таъсири муҳофизатии пролин комилан алоқаманд карда наметавонем. Эҳтимолият ҳаст, ки дар шароити норасоии об ин гормон синтез ва фаъолияти ферментҳои антиоксидантӣро ба вучуд меорад, ки боиси кам шудани миқдори пролин ва ғуншавии онҳо дар шароити норасоии об гардад. Дар ин ҳолат мумкин аст, ки фаъолияти ферментҳои антиоксидантӣ нисбат ба пролин самараноктар бошад.

Маълумоти дар ҷадвали 7 овардашуда нишон дод, ки дар шароити норасоии об (варианти ПЭГ) фаъолнокии ферментҳои антиоксидантӣ бо илова намудани brassinosteroid ба таври гуногун реаксияи ҷавобӣ нишон додааст.

Ҷадвали 7. - Таъсири brassinosteroidҳо ба фаъолияти ферментҳои антиоксиданти дар шароити норасоии об (навъи Тоҷикистон)

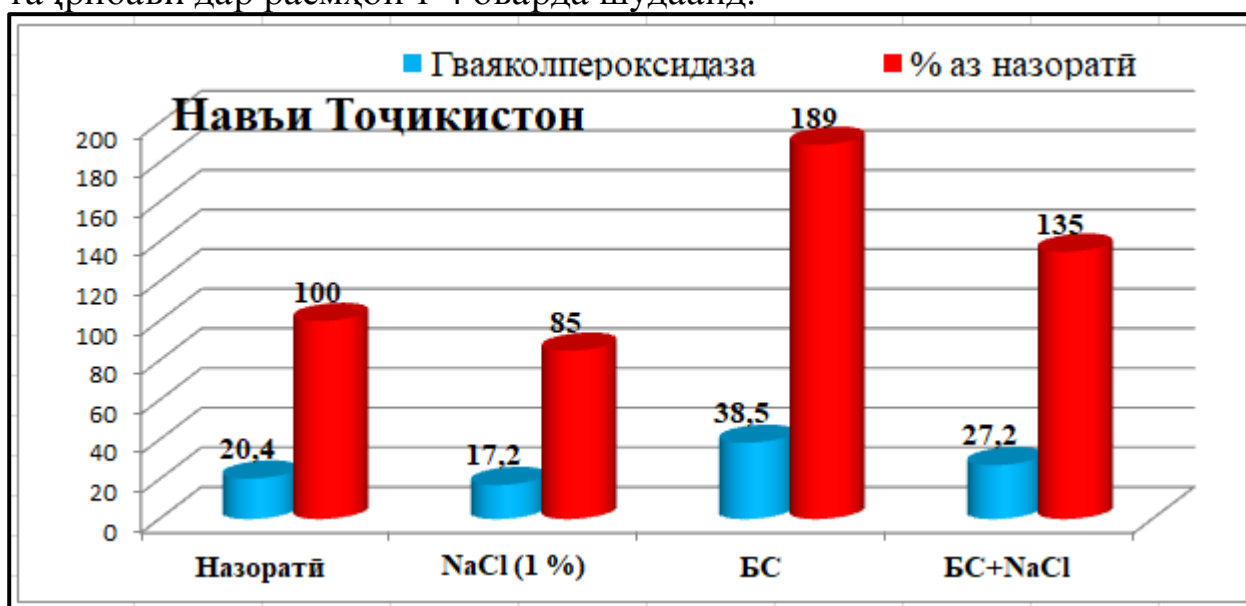
Вариантҳо	мкмол/г вазни тар			
	гваякол пероксидаза	% аз варианти назоратӣ	каталаза	% аз варианти назоратӣ
Назоратӣ	18,5±1,9	100	5450	100
ПЭГ	11,2±1,3	60,5	2270	41
БС	47,7±2,4	258,8	9470	173
ПЭГ+БС	43,8±2,1	236,7	8770	162

Маълумотҳои бадастомада нишон доданд, ки дар шароити норасоии об фаъолияти ферментҳои антиоксидантии гваяколпероксидаза ва каталаза якбора баланд шуда, ПЭГ фаъолияти ин ферментҳоро тақрибан 40% кам менамояд. Brassinosteroid боиси қариб 200% зиёд шудани фаъолияти ферментҳои антиоксиданти мегардад. Ҷолиби диққат аст, қорқарди ниҳолҳо бо brassinosteroid қариб пурра таъсири ингибитории ПЭГ-ро баргараф намудааст.

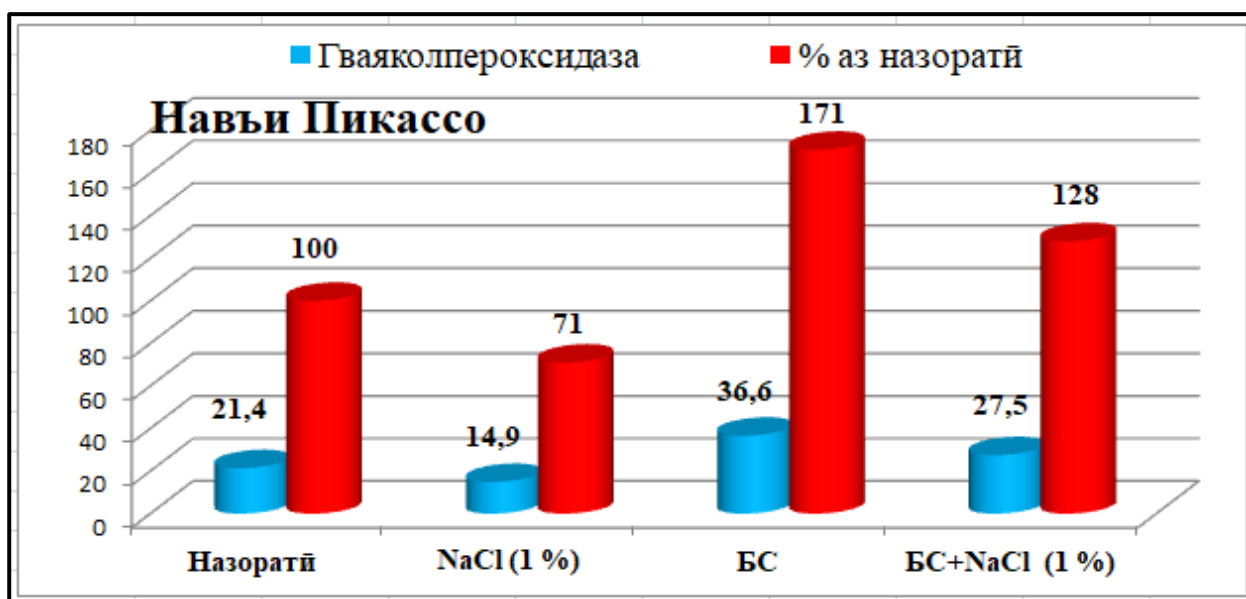
Ҳамин тавр, ферментҳои гваяколпероксидаза ва каталаза дар ташаккулёбии механизмҳои муҳофизатии зиддиоксиданти дар шароити норасоии об вазифаи асосиро мебаранд. Дар ин маврид brassinosteroid ба устуворнокии растании картошка ба норасоии об сабаб шуда, дар як вақт дараҷаи ғуншавии пролини озодро паст менамояд. Маълумотҳои ба дастомада аз он шаҳодат медиҳанд, ки таъсири brassinosteroid таъсири муҳофизатии пролин ба шумор намеравад, балки пеш аз ҳама бо синтез ва фаъолияти ферментҳои антиоксиданти, инчунин фаъолияти бобарори транскрипсияи геном дар шароити стрессӣ (масалан, шӯршавӣ) алоқаманд аст.

Ҳангоми шӯршавии хлоридӣ зуд ташаккулёбии механизмҳои муҳофизатӣ муҳим аст ва онҳо ба растаниҳо имконияти ғуншавии осмолитҳои мувофиқро таъмин менамояд, ки онҳо барои зинда мондан дар шароити стрессӣ ниғаронида шудаанд. Дар таҷрибаи гузаронидашуда сарфи назар аз иловаи экзогении пролин brassinosteroid хусусияти ба шӯрнокӣ ва хушкӣ тобоварии растании картошкаро зиёд намуд. Ин нишон медиҳад, ки таъсири муҳофизатии brassinosteroid бо таъсири протектории пролин сабаб шуда наметавонад. Илова бар ин, дар аксари мавридҳо муқаррар карда шудааст, ки таносуби сатҳи пролин ва фаъолияти ферментҳои антиоксиданти ба ҳамдигар мутақобила ҳастанд. Баъдан, таъсири муҳофизатии brassinosteroid дар шароити стрессӣ метавонад аз тағйирёбии гомеостаз иборат бошад, зеро интиқоли ионҳои натрий Na^+ дар ҳуҷайра аз консентратсияи калсий Ca^+ дар дохили ҳуҷайра ва берун аз ҳуҷайра вобастагӣ дорад. Аз ин рӯ, тобоварии растани ба шӯршавии хлоридӣ на танҳо аз рӯи қобилияти устуворнокӣ ба шӯрӣ, балки аз рӯи қобилияти растаниҳо барои истисно намудани иони Na^+ ё аз рӯи

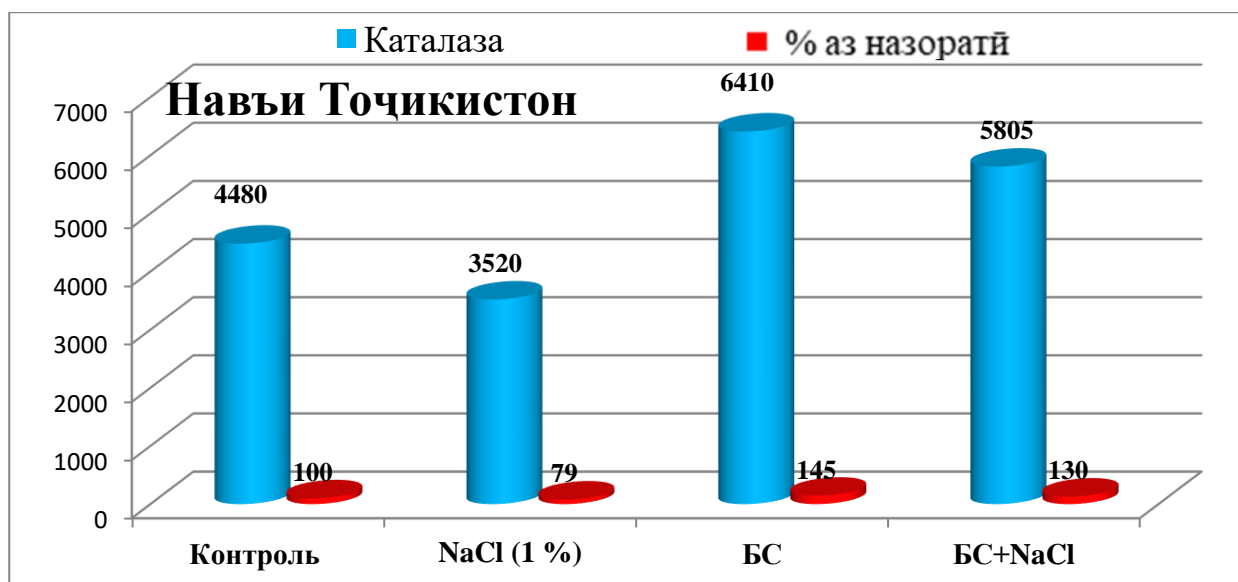
товариҳои бофтаҳо ба иони Na^+ муайян карда мешавад. Маълумоти таҷрибавӣ дар расмҳои 1-4 оварда шудаанд.



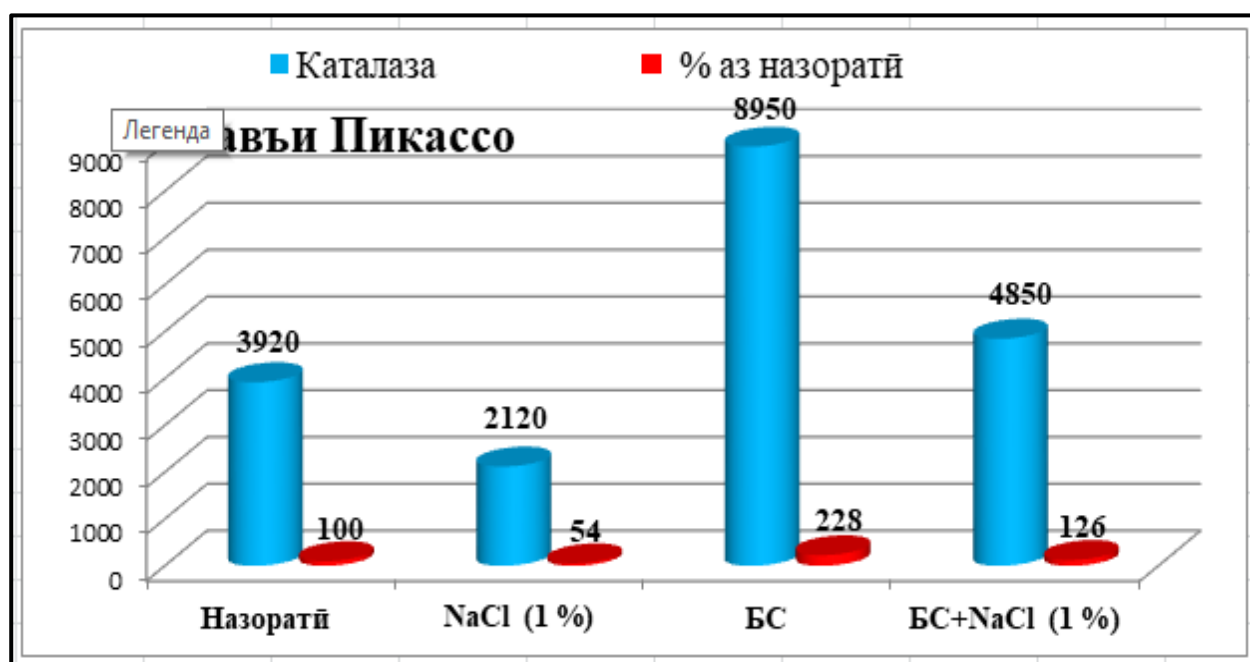
Расми 1. - Фаълнокии гваяколпероксидаза ҳангоми илова намудани NaCl ва брассиностероид ба муҳити маҳлули ғизоии парвариши картошкаи навъи Тоҷикистон



Расми 2. - Фаълнокии гваяколпероксидаза ҳангоми илова намудани NaCl ва БС ба муҳити маҳлули ғизоии парвариши картошкаи навъи Пикассо



Расми 3. - Фаълнокии каталаза ҳангоми илова намудани $NaCl$ ва BC ба муҳити ғизоии парвариши навъи Тоҷикистон



Расми 4. – Фаълнокии каталаза ҳангоми илова намудани $NaCl$ ва BC ба муҳити маҳлули ғизоии парвариши навъи Пикассо

Маълумотҳои овардашуда нишон доданд, ки брассиностероид ва пролин ба фаъолияти гваяколпероксидаза ва каталаза ҳам дар шароити мӯътадил ва ҳам ҳангоми таъсири шӯрнокӣ таъсири гуногун расонидааст, навъи Тоҷикистон нисбат ба навъи Пикассо ба шӯрӣ ($NaCl$) нисбатан устувор мебошад. Шӯрӣ фаъолияти гваяколпероксидазаро дар картошкаи навъи Тоҷикистон 15% ва дар навъи Пикассо 30% (яъне ду баробар зиёд) маҳдуд менамояд.

Фаъолияти як ферменти дигари каталаза низ ба намак ($NaCl$) ҳассос аст. Шӯрӣ фаълнокии каталазаро дар картошкаи навъи Тоҷикистон 21%

ва навъи Пикассо 46% бозмедорад. Маълумотҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки фаъолияти каталаза нисбат ба фаъолияти гваяколпероксидаза нисбат ба шӯрӣ бештар ҳассос мебошад.

Ба маҳлули ғизоии парвариши растаниҳо илова намудани брассиностероид ба фаъолнокии ҳар ду ферментро дар навъҳои таҳқиқшудаи картошка (Тоҷикистон, Пикассо) сабаб гардид. Ҳамин тавр, брассиностероид фаъолияти гваяколпероксидазаро дар навъи Тоҷикистон 189% ва дар навъи Пикассо 171% зиёд намуд. брассиностероид инчунин фаъолнокии ферменти каталазаро дар навъи Тоҷикистон 145% ва дар навъи Пикассо 228%, яъне фаъолнокии каталазаи картошкаи навъи Тоҷикистон ба БС нисбатан самаранок буд.

Қайд намудан ҷолиб аст, ки брассиностероид таъсири маҳдудкунандаи намакро ($NaCl$) дар ҳар ду навъи картошка (Тоҷикистон ва Пикассо) комилан бартараф намуд. Ҳамин тавр, таъсири ингибитории таъсири шӯрӣ ба фаъолнокии гваяколпероксидаза бо иштироки брассиностероид дар картошкаи навъи Тоҷикистон то 54% ва дар навъи Пикассо то 43% кам шуд. (Варинати БС+ $NaCl$). Фаъолияти каталаза инчунин дар вариантҳои БС+ $NaCl$ нисбат ба варианти $NaCl$ (шӯрӣ) баланд буд. Дар картошкаи навъи Тоҷикистон 128% ва навъи Пикассо 126% нисбат ба растаниҳои назоратӣ, аз варианти брассиностероид, ки ангеизиши онҳо 171%-ро ташкил намудааст.

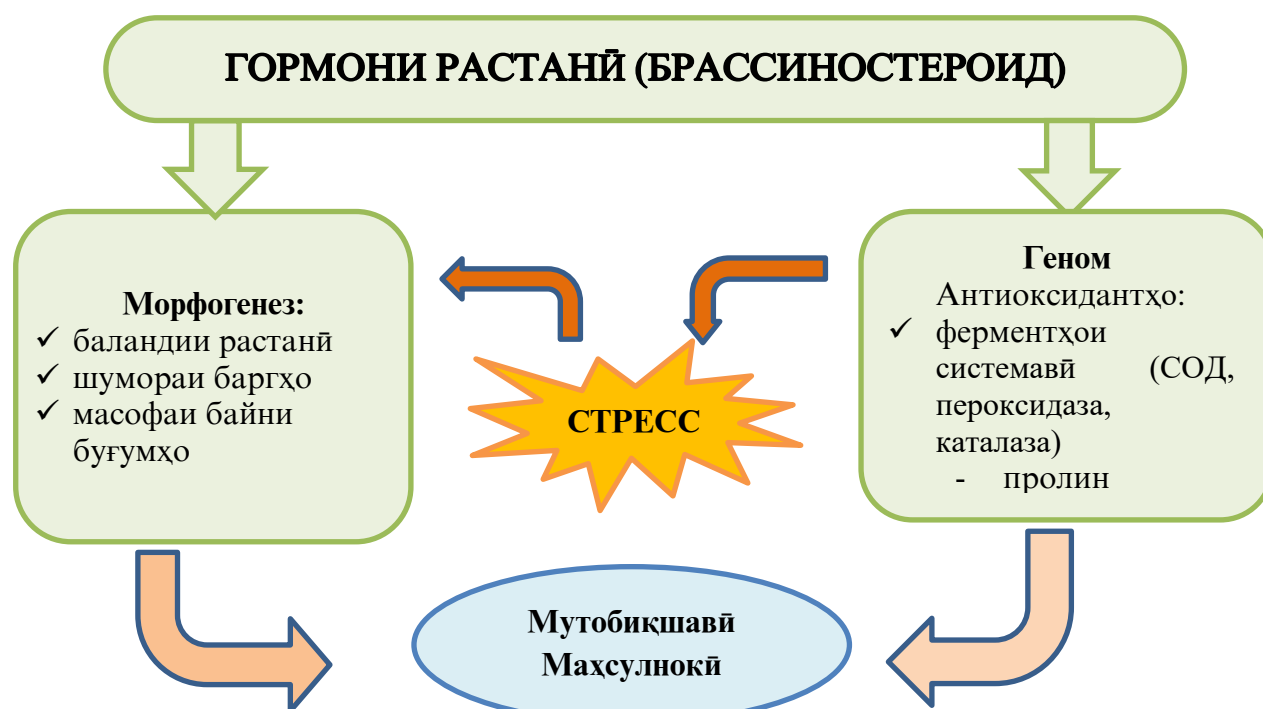
Ҳамин тариқ, маълумотҳои ба даст овардашуда ба мо имкони хулоса намуданро медиҳад, ки брассиностероид дар шароити шӯрӣ боиси баланд шудани фаъолнокии ферментҳои антиоксидантӣ мегардад. Картошкаи навъи Тоҷикистон нисбат ба навъи Пикассо ҳангоми таъсири шароити шӯрӣ қобилияти устуворнокии бештар дорад. Маълум мешавал, ки муқовимати навъҳо ба шӯрӣ танҳо бо фаъолияти ферментҳои антиоксидантӣ алоқаманд бошанд ё ин ки роҳи дигари алтернативӣ бо ғуншавии (синтези) пролини антиоксидантӣ пастмолекула вучуд дошта бошад. Пролин дар раванди мутобиқшавии растанӣ, махсусан дар шароити таъсири стресси об ва шӯрӣ нақши муҳим дорад.

Маълумотҳои ба даст омада нишон медиҳанд, ки ҳангоми илова намудани пролин (50 мг/л) дар таркиби маҳлули ғизоии парвариш ба фаъолнокии ферментҳои омӯхташуда таъсир нарасонидааст. Дар асоси натиҷаҳои ба даст омада, натиҷаи таъсири брассиностероид ва фаъолнокии геноми растани тартиб дода шудааст (расми 5).

Ин нақша нишон медиҳад, ки гормони растанигӣ брассиностероид ба нишондиҳандаҳои морфологӣ растаниҳо таъсири самаранок мерасонад. Бо таъсири гормони брассиностероид афзоиши растанӣ ва байни буғумҳо ба таври назаррас тағйир меёбанд. Инчунин ба сатҳи фаъолияти геноми растанӣ таъсири муфид мерасонад ва яққоя таъсири омилҳои стрессиро бартараф намуда, устуворнокии растаниҳоро ба таъсири омилҳои табиӣ манфӣ зиёд менамояд.

Ҳамин тариқ, таъсири гормони брассиностероид бо тағйирёбии морфологияи растанӣ тавассути фаъол намудани генҳои махсуси

марҳилавӣ ва фаъолсозии синтез (*de novo*) ва пурзӯр намудани фаъолияти ферментҳои антиоксидантӣ алоқаманд аст, аммо ба сатҳи чамъшавии пролини озод, ки яке аз самтҳои муосир - феномика ба шумор меравад, таъсир нарасонидааст.



Расми 5. - Самаранокии таъсири брассиностероид ба устуворнокӣ ва ҳосилнокии растании картошка (нақша)

ХУЛОСА

1. Усули одии солимгардонии картошка ва зиёдкунии микроклоналии он дар шароити *in vitro* коркард шуд, ки аз қисми апикалии растанӣ (1,0-1,5 см), аз навдаҳои наврустаи (беранги) картошка ҷудо карда шуд. Дар натиҷаи истифодаи муҳити ғизоӣ пас аз 2 моҳ, растанӣ-регенерантҳои аз вирусҳо солимгардонидашуда ҳосил мешаванд, ки онҳоро барои минбаъд зиёд намудан бо усули майдақаламчакунӣ истифода намудан мумкин аст [16-М].

2. Маълумотҳои таҷрибавӣ нишон доданд, ки картошкаи навъи Пикассо аз рӯйи дараҷаи ғуншавии ДАМ ҳангоми таъсири шӯрӣ аз навъи Тоҷикистон хеле фарқ мекунад. Ҳангоми таъсири концентратсияи 1,0-1,5% -и намак дар маҳлули ғизоии парвариш дараҷаи ғуншавии ДАМ ҳам дар баргҳо ва ҳам дар решаҳо картошкаи навъи Пикассо якбора зиёд шуда (440 то 380%) ва навъи Тоҷикистон (150 ва 178%) -ро ташкил намуд [1-М].

3. Муайян карда шудааст, ки нишондиҳандаҳои шиддатнокии оксидшавии пероксидии липидҳо ба хусусиятҳои фаъолнокии муҳофизати антиоксидантӣ (гваяколпероксидаза) картошкаи навъи Пикассо аз 0,55 то 0,73, аммо дар картошкаи навъи Тоҷикистон бошад ин нишондиҳанда хеле паст буда, қимати он ба 0,11-0,19 баробар мебошад. Ин аз муътадил гузаштани равандҳои биохимиявӣ дар навъи Тоҷикистон, нисбат ба навъи Пикассо,

гувоҳӣ медиҳад ва ҳамчун яке аз меъёрҳои мутобиқшавии растаниҳо ба таъсири омилҳои стресси табиӣ мебошад [1-М].

4. Нишон дода шудааст, ки растании картошкаи Пикассо дар шароити таъсири стресси об ва намак аз навъи Тоҷикистон хеле фарқ менамояд. Маҳдудшавии қавии протсесҳои рушду нумӯъ, кам шудани миқдори хлорофиллҳо, махсусан хлорофилл «а» дар таркиби барги картошкаи навъи Пикассо ошкор карда шуд, ки ин қобилияти пасти устуворнокӣ нисбат ба навъи Тоҷикистон нисбат дорад. Навъи Тоҷикистон ҳангоми таъсири омили стрессии шӯрӣ миқдори оби бофтаҳои наводаро дар сатҳи кофӣ баланд нигоҳ дошт, яъне ин навъҳо аз ҷиҳати самаранокии ғаъолияти системаи гомеотестикунӣ ҳангоми таъсири шӯрӣ фарқ мекунад [5-М, 6-М].

5. Муқаррар карда шудааст, ки иловакунии брассиностероид ба 2 маротиба камшавии синтези хлорофилли **a** ва 1,5 маротиба камшавии синтези каротиноидҳо сабаб гардид. Ҳангоми илова намудани ПЭГ синтези хлорофиллҳо як андоза коҳиш ёфта, аз таъсири якҷояи онҳо (ПЭГ+БС) миқдори пигментҳо, сарфи назар аз навъи картошка, дар сатҳи растани назоратӣ қарор дошт (Пикассо, Тоҷикистон) [5-М, 15-М].

6. Нишон дода шудааст, ки брассиностероид синтези КРН-ро пурзӯр намуда, таъсири ПЭГ-ро дар сатҳи синтези КРН хеле кам мекунад. БС таъсири ПЭГ-ро ба ғуншавии пролин коҳиш дода, ба ғаъолияти транскрипсионии растаниҳо дар шароити норасоии об таъсири назаррас мерасонад. Инчунин пероксидаза ва каталаза ғаъолнок гардонид, таъсири қатъкунандаи ПЭГ-ро пурра ҷуброн намудааст, ки ин барои баланд шудани қобилияти устуворнокии растани ба таъсири норасоии об ва шӯрӣ мусоидат кардааст.

7. Ошкор гардид, ки брассиностероид ва пролин ба ғаъолнокии гваяколпероксидаза ва каталаза дар шароити муътадил ва ҳангоми таъсири шӯрӣ таъсири гуногун мерасонанд. Навъи Тоҷикистон нисбат ба Пикассо ба таъсири намак ($NaCl$) устувор мебошад, шӯрӣ ғаъолияти гваяколпероксидазаро дар картошкаи навъи Тоҷикистон 15% ва дар навъи Пикассо 30%, ғаъолияти каталазаро 21% ва 46% боз медорад. Яъне дар шароити шӯрӣ ферменти каталаза нисбат ба гваяколпероксидаза ҳассос мебошад.

ТАВСИЯҲО БА ИСТЕҲСОЛОТ

1. Натиҷаҳои бадастомадаро ҳангоми хондани лексияҳо аз рӯи фанҳои физиология ва биохимияи растани, биотехнология дар мактабҳои олиии Ҷумҳурии Тоҷикистон истифода бурдан мумкин аст.

2. Истифодаи технологияи ба даст овардани растани-регенерант аз майсаҳои наврустаи картошка якҷоя бо маводи зиддивирусии рибаверин раванди истеҳсоли тухмии солим ва истифодаи онро дар истеҳсолоти метезонад.

3. Гормонҳои брассиностероидиро барои пурзӯр намудани қобилияти устуворнокии растани картошка ба таъсири омилҳои стрессӣ дар истеҳсолоти кишоварзӣ тавсия додан мумкин аст.

РЎӢХАТИ МАВОДӢОИ ЧОПШУДА

Мақолаҳо дар маҷаллаҳои тақризшаванда:

- [1-М]. Астанакулова Г.М. Взаимоотношение про- и антиоксидантные растений *Solanum tuberosum* L. К солевому стрессу / Г.М. Астанакулова, З.С. Киёмзода, С.Ф. Сайдализода, Н. Норкулов, К. Алиев // Земледелец Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемура. - Душанбе. - 2020. - №3. - С. 44-48 - ISSN 2074-5435.
- [2-М]. Астанакулова Г.М. Водный гомеостаз и уровень про- и антиоксидантных систем растений *Solanum tuberosum* L при засухе / Б.М. Сабуров, З.С. Киёмзода, С.Ф. Сайдализода, Г.М. Астанакулова, К. Алиев // Наука и инновация Таджикский национальный университет. - Душанбе. - 2021. - №1. - С. 140-149 - ISSN 2312-3648.
- [3-М]. Астанакулова Г.М. Действия ингибитор роста на усиление продукционного показателя *Solanum tuberosum* L. в условиях водного стресса / С.Х. Ашуров, Б.М. Сабуров, Х. Авгонова, М.Л. Азимов, Г.М. Астанакулова // Земледелец Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемура. - Душанбе. - 2019. - №3. - С. 58-61 - ISSN 2074-5435.
- [4-М]. Астанакулова Г.М. Морфологический потенциал сортов картофеля в условиях солевого стресса / Г.М. Астанакулова, З.С. Киёмова, М.Л. Азимов, К.Ф. Ашурзода, К. Алиев // Наука и инновация Таджикский национальный университет. - Душанбе. - 2020. - №1. - С. 121-127. - ISSN 2312-3648.
- [5-М]. Астанакулова Г.М. Влияние брассиностероидов на содержание фотосинтетических пигментов и антиоксидантную активность растений картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в условиях водного дефицита / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода, З.С. Киёмзода, К. Алиев // Известия академии наук Республики Таджикистан, Душанбе. - 2021, №3(214) - 70-76 с. – ISSN 0002-3477.
- [6-М]. Астанакулова Г.М. Хусусиятҳои картошкаи солимгардонидашуда ҳангоми таъсири омилҳои стресси шурӣ / Г.М. Астанакулова // Илм ва фановарӣ, Душанбе 2022. №3, - 267-274, – ISSN 2312-3648.

Мақола ва фишурдаҳо дар конференсияҳо:

- [7-М]. Астанакулова Г.М. Влияние паклобутразола на физиологические параметры разночувствительных генотипов картофеля *in vitro* [Матн] Материалы республиканской научно-теоретической конференции «Влияние глобального изменения климата на продуктивность агроэкологических систем Таджикистана» посвященная международному десятилетию действия «Вода для устойчивого развития на 2018-2028гг», 70-летию Таджикского национального университета. – Душанбе. –2018. – С. 17–18.
- [8-М]. Астанакулова Г.М. Влияние засухи на активность антиоксидантных систем разноустойчивых генотипов картофеля [Матн] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ,

посвященной Международному десятилетию действия «Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы», – Душанбе. – 2018. – С.131-132.

[9-М]. Астанакулова Г.М. Влияние паклобутразола на клубнеобразование и активность антиоксидантного фермента при стрессе [Матн] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, – Душанбе. – 2018. – С.133-134.

[10-М]. Астанакулова Г.М. Морфофизиологические параметры и активности супероксиддисмутазы растений картофеля в условиях стресса [Матн] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова, К. Алиев // Достижения современной биохимии. Материалы Республиканской конференции. – Душанбе. – 2019. - С. 75-79.

[11-М]. Астанакулова Г.М. Активности аскорбатпероксидазы и перекисное окисление липидов при длительном воздействии засухи на растения картофеля *Solanum tuberosum L* [Матн] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова // Материалы Республиканской научной конференции “Адаптация живых организмов к изменяющимся условиям окружающей среды”. – Душанбе. – 2019. - С. 57-59.

[12-М]. Астанакулова Г.М. Эндогенная регуляция устойчивости растений картофеля к стрессу [Матн] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова Н.Х. Норкулов, К. Алиев // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий факультета агрономии, агрохимии и экологии (Россия, Воронеж, 24 сентября 2019). -2019. – С. 261-266

[13-М]. Астанакулова Г.М. Физиологические параметры генотипов картофеля в условиях солевого стресс [Матн] / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции профессорско- преподавательского состава и сотрудников ТНУ, - Душанбе, 2021. – С.

[14-М]. Астанакулова Г.М. Влияние brassinosteroidов на активность пероксидазы у растений *Solanum tuberosium* в условиях водного дефицита [Матн] / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода // Материалы республиканской научной конференции «Биоразнообразие горных экосистем Памира в связи с изменением климата» г. Хорог, 2021 г. 136-137.

[15-М]. Астанакулова Г.М. Влияние brassinosteroidов на транскрипционную активность у растений *Solanum tuberosium L.* в условиях водного дефицита [Матн] / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода Назарзода Н.Н // Международной конференции «Экологические особенности биологического разнообразия» (Таджикистан, г. Куляб, 7-8 октября 2021 г.) 162-163.

Шаҳодатнома

[1-М] Шаҳодатномаи № 1219, Тарзи ҳосил намудани картошкаи бе вирус дар шароити *in vitro* / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода, З.С. Қиёмзода Назарзода Н.Н. К. Алиев // Душанбе, 2021.

ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

УДК:582.8
ББК:28.083
А-90

АСТАНАКУЛОВА ГУРДОФАРИД МАХРАМШОХЕВНА

**АНАЛИЗ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ У РАСТЕНИЙ
SOLANUM TUBEROSUM L. С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКЗОГЕННОГО
ФАКТОРА БРАССИНОСТЕРОИДА**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD),
доктора по специальности 6D060718 - Физиология и биохимия растений

Душанбе-2023

Работа выполнена на кафедре биотехнологии биологического факультета Таджикского национального университета

Научный руководитель: **Киёмзода Зарафо Суфиджон** - кандидат биологических наук, первый заместитель председателя Комитета охраны окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан

Научный консультант: **Алиев Курбон** – член-корреспондент НАНТ, доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии биологического факультета Таджикского национального университета

Официальные оппоненты: **Сабурова Анна Мухаммадиевна** - доктор биологических наук, профессор кафедры биохимии Таджикского государственного медицинского Университета имени Абуали ибни Сино

Атоев Мухаммадишод Хизбуллоевич - кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры естественных и математических наук Академии государственного управления при Президенте Республики Таджикистан

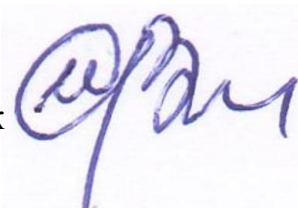
Оппонирующая организация: Таджикский аграрный университет имени Ш. Шотемура

Защита состоится «18» мая 2023 года в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6D.КОА-038 при Таджикском национальном университете по адресу: 734025, г. Душанбе, улица Буни-Хисорак, корпус 16. E-mail: saugam75@mail.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в центральной библиотеке Таджикского национального университета по адресу: 734025, г. Душанбе, пр. Рӯдаки, 17 и на официальном сайте ТНУ www.tnu.tj

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Иброгимова С. И.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Биотехнологический подход позволяет в кратчайшие сроки обнаружить формы растений, обладающие стресс-толерантностью и продуктивностью, что создает базу для производства оздоровленного семенного картофеля и интенсифицирует товарное производство с меньшими затратами.

Ранее было высказано предположение, что в основе высокой толерантности растений лежит эффективность системы гомеостатирования в условиях возрастающей концентрации соли. Была высказана мысль о том, что в процессе адаптации растений особое место занимают биохимические адаптационные процессы, обеспечивающие гомеостаз, или энантостаз, т.е. постоянное функционирование обменных систем клетки при изменении условий среды [Алиев К.А., 2013; Сайдализода С.Ф., 2019].

В связи с этим изучение механизмов устойчивости растений, особенно картофеля, представляет определенный интерес и является важным для создания новых форм с улучшенной антиокислительной функцией и продуктивностью в условиях возрастающего климатического синдрома.

В последние годы в научной литературе широко обсуждается роль некоторых растительных гормонов в регуляции роста и развития в условиях стрессорного воздействия [Ефимова М.В., 2010; Сайдализода С.Ф., 2018].

Среди них наибольший интерес вызывают брассиностероиды (БС), которые имеют ряд преимуществ перед другими гормонами. Они направленно действуют на активность ферментов, синтез нуклеиновых кислот и белков, регулируют метаболизм, рост и развитие, изменяют гормональный баланс [Ефимова М.В., 2010; Ефимова М.В., и др. 2018]. Более того, брассиностероиды используются в низких концентрациях по сравнению с другими гормонами, что является безопасным для применения в научной и практической работе.

Однако их антистрессорное действие в настоящее время остается малоизученным. Наиболее губительными в сельскохозяйственном производстве считаются такие природные факторы, как засоление, водный дефицит, температурный фактор, которые проявляются в снижении продуктивности культурных и дикорастущих растений, падении биоразнообразия, особенно в странах, где экономика зависит от сельскохозяйственного производства. Одним из возможных способов защиты сельскохозяйственных растений от природных стрессовых факторов может быть использование экологически безопасных гормонов на примере брассиностероидов, которые являются малоизученным.

Степень изученности научной задачи. Анализ антиоксидантных систем в условиях стрессорных воздействий с использованием растительного гормона брассиностероида (2,4-броссинолид) в научной литературе практически не изучен. С этой точки зрения сравнительная оценка этого гормона в условиях стрессорных воздействий и выявление транскрипционной активности генома в этих условиях представляет особый научный и практический интерес. Предпосылкой данной работе

были сообщения ряда авторов [Ефимова и др. 2018; Алиев К., и др. 2015, Киёмова З.С., и др. 2017; Саидвализода С.Ф., 2019].

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью нашего научного исследования является анализ антиоксидантной системы растения *Solanum tuberosum* L. с использованием экзогенного фактора brassinостероида.

Задачи исследования:

1. Разработать упрощенный способ оздоровления картофеля с применением противовирусного препарата рибаверина;
2. Анализ фотосинтетических пигментов в условиях засоления;
3. Анализ антиоксидантных ферментов в условиях засоления и водного дефицита при действии brassinостероида;
4. Определение содержания свободного пролина в условиях засоления и водного дефицита;
5. Анализ транскрипционной активности в условия водного дефицита и засоления.

Объект исследования. В качестве объекта исследования был использован картофель как важнейший сельскохозяйственный пищевой продукт Таджикистана и практически не изученный в плане воздействия растительного гормона brassinостероида на физиологические параметры в норме и при стрессорных воздействиях в условиях *ex vitro*.

Объектом исследования служили асептические экспланты побегов картофеля: высокопродуктивный отечественный сорт Таджикистан и среднепродуктивный сорт Пикассо (Голландия).

Предмет исследования: предметом исследования служили растения-регенеранты (*in vitro*) перспективных сортов картофеля – сорт Пикассо (Голландия) и сорт Таджикистан (Республика Таджикистан).

Тема исследования: Анализ антиоксидантной системы у растения *Solanum tuberosum* L. с использованием экзогенного фактора brassinостероида.

Этапы исследования. Разработка темы диссертации осуществлялась в течение 2018-2021 г. в процессе обучения в докторантуре (PhD).

Методы исследования. В работе использованы современные методы анализа антиоксидантных систем, такие как активность каталазы [Aebi H, 1984] пероксидазы [Шевякова Н.И., и др., 2002], содержание малонового диальдегида [Buege J. A., et. al., 1978] и свободного пролина [Bates et. al., 1973] и т.д.

Теоретические и методологические основы исследования. Задача исследования включает комплекс существующих базовых методических приемов, позволяющих раскрыть пути адаптационных возможностей растений в условиях стресса, а также особенности проявления ПОЛ/АО. В основу наших исследований включены методологические приемы, современный научный подход, основанные на методах биохимии, молекулярной биологии и биотехнологии, как зарубежных, так и отечественных авторов.

Область исследования. Одна из современных областей по физиологии и биохимии растений связана с использованием феномики - применением биоинформационного анализа состояния растений в условиях климатического стресса.

Отрасль исследования. Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом ВАК при Президенте Республики Таджикистан по специальности 6D060718-Физиология и биохимии растений. Содержание диссертации соответствует цели и задачи исследования, изучение роли антиоксидантной системы защиты растений от воздействия стрессоров и экзогенный роли новых растительных гормонов в регуляции транскрипционной системе проведено в норме и при стрессе у двух разноустойчивых генотипов картофеля.

Достоверность результатов диссертации. Изучение биохимии стресса предполагает большие выборки экспериментальных данных и их статистическую обработку с использованием стандартной и компьютерной программы MS Excel.

Научная новизна исследования. Разработан упрощенный метод оздоровления картофеля от вирусов с применением противовирусного препарата рибаверина. Изученные сорта (Пикассо и Таджикистан) существенно отличаются по уровню устойчивости при засолении. Сорт Таджикистан в условиях солевого стресса сохранял на высоком уровне оводненность тканей, был меньше подвержен падению хлорофилла «а» и торможению ростовых процессов, чем сорт Пикассо. Сорт Таджикистан более солеустойчив и засухоустойчив, чем сорт Пикассо.

Установлено, что соотношение ПОЛ/АО у сорта Пикассо в пять раз выше, чем у сорта Таджикистан. Это указывает на высокую активность антиоксидантной системы и является генетически закрепленным признаком у сорта Таджикистан.

Впервые получены новые сведения о роли гормона брассиностероида в стимуляции транскрипционной активности генома, особенно в условиях засоления и водного дефицита. Впервые показано, что брассиностероид и пролин в усилении антиоксидантных ферментов не взаимодействуют, друг друга в условиях стресса действуют по независимым механизмам.

Основная информационная и исследовательская база. Диссертационная работа выполнена на базе кафедры биотехнологии биологического факультета Таджикского Национального Университета. Исследовано более 180 источников научной литературы и их анализ относительно современного состояния физиологии и биохимии стресса.

Связь работы с государственными программами и государственными научными темами. Приоритетным научно-исследовательским направлением согласно Постановления Правительства Республики Таджикистан от 03.03.2010 г, №167 является «Физиолого-биохимическая адаптация и регуляторные механизмы устойчивости живых организмов к действию стрессов», а «Приоритетом в развития страны в рамках национальной стратегии Республики Таджикистан на период до 2030 года является обеспечение продовольственной безопасности и доступа

населения к качественному питанию». В этой связи тема диссертации соответствует указанным приоритетным направлениям.

Положения, выносимые на защиту.

1. Упрощенный метод получения безвирусных регенерантов из микроэксплантов молодых ростков клубней картофеля сорта Таджикистан с использованием противовирусного препарата рибаверина.

2. Формирование механизмов антиоксидантной защиты растений картофеля в условиях водного дефицита, роль фермента гваяколпероксидазы.

3. Влияние брассиностероидного гормона на устойчивость растений картофеля при водном дефиците и уровень накопления свободного пролина.

4. Показатели интенсивности перекисного окисления липидов к характеристикам активности антиоксидантной защиты (гваяколпероксидаза) картофеля Пикассо и Таджикистана.

Степень освоения научных проблем и теоретико-методологических основ исследования. До настоящего времени об использовании растительного гормона брассиностероида в регуляции физиолого-биохимических параметров картофеля были единичные сведения (Сайвализода С.И., др., 2020; Киёмова З.С., и др., 2017). Но в настоящее время этот гормон используется во многих работах с другими пищевыми растениями (Ефимова М.В., и др., 2018).

Вышеперечисленные работы не дают полной информации о характере влияния брассиностероида на усиление системы защиты растений от природных стрессовых воздействий. В связи с этим данное исследование внесет определенный вклад в разработку нового направления современной биологии - феномики.

Теоретическая ценность диссертации. Результат работы о влиянии растительного гормона брассиностероида в усиление транскрипционной системы внесет новый вклад в современном направлении биологии-геномике. Более того, регулирование про- и антиоксидантных компонентов клетки способствует целенаправленному изменению статуса растений в условиях изменения климата без потери продуктивности, что является важным аргументом в развитии нового направления в биологии.

В результате наших исследований были впервые выявлены про- и антиоксидантные компоненты, усиливающие адаптационные возможности растений в условиях стрессорных воздействий, таких как засоление и водной дефицит. На основании этих данных высказывается мысль о том, что с помощью экзогенных факторов (например, гормонов) можно регулировать продукционный процесс в условиях стресса, что даёт возможность прогнозирования продуктивности при влиянии изменения климата.

Полученные результаты указывают, что разработанная схема получения свободных от вирусов растений-регенерантов на основе микроэксплантов из этиолированных ростков клубней картофеля является экономически оправданным и упрощает внедрение результатов в

производство, а также стимулирует фундаментальные исследования физиологии, биохимии и биотехнологии растений.

Личный вклад соискателя. Вклад соискателя состоит в последовательной разработке схемы экспериментов, освоении новых современных методов анализа антиоксидантных ферментов и их изменения в решении поставленных задач, составлении плана диссертации и обсуждения полученных результатов.

Апробация диссертации и информация об использовании результатов. Основные экспериментальные данные представлены: в материалах Республиканской конференции ТНУ; Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной 30-летию Государственной независимости Республики Таджикистан, 110-летию со дня рождения Народного поэта Таджикистана, Героя Таджикистана Мирзо Турсунзаде, 110-летию со дня рождения Народного писателя Таджикистана Сотима Улугзаде и «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования (2020-2040 годы)», Душанбе, 2021; Материалы республиканской научной конференции «Биоразнообразии горных экосистем Памира в связи с изменением климата» г. Хорог, 2021; Конференции «Экологические особенности биологического разнообразия» г. Куляб, 7-8 октября 2021;

Опубликованные работы. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ в материалах конференций, симпозиумов и семинаров, в том числе 6 статей в научных журналах, рецензируемых ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 136 страницах компьютерного работа и содержит введение, 4 главы, обзор литературы, материалы и методы исследования, 2 главы собственных исследований, заключение, выводы, практические рекомендации и список цитированной литературы. Диссертация содержит 16 таблиц и 15 рисунков. Список использованной литературы состоит из 180 источников, из них 78 научных работ на русском языке и 102 научные работы на английском языке.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выращивание оздоровленного картофеля *in vitro*. Научно-исследовательская работа проводилась на кафедре биотехнологии Таджикского национального Университета. Исследования проводили на растениях картофеля нового сорта Таджикистан, широко возделываемого в Таджикистане. Сорт Пикассо использовали в качестве контроля. Эти генотипы картофеля характеризуются хорошей сохранностью и устойчивостью к вирусным болезням.

Определение активности каталазы. Для определения активности каталазы (КАТ) использовали спектрофотометрический метод [Aebi H., 1984].

Определение активности гваяколпероксидазы. Активность гваяколпероксидазы определяли спектрофотометрически, используя в качестве субстрата гваякол [Шевякова Н.И., и др. 2002].

Определение малонового диальдегида. Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли спектрофотометрическим методом в реакции с тиобарбитуровой кислотой, основанным на образовании окрашенного комплекса – продукта малонового диальдегида (МДА) согласно Buege J. A., и др., и выражали в мкмоль/г сырой массы [Buege J. A., et. al., 1978].

Опыт в условиях *ex vitro*. Растения-регенеранты выращивали в фитотроне с фотопериодом 16/8 ч в течение 25-27 дней, затем растения-регенеранты переносили в условия *ex vitro* в стаканы, содержащие разбавленную в три раза среду Мурасиге-Скуга. В качестве контроля использовали 9-суточные регенеранты, выращенные на водно-солевом растворе Мурасиге-Скуга, разбавленном в три раза. Для изучения влияния brassinosterоида при водном дефиците растения-регенеранты переносили в водно-солевой раствор, содержащий полиэтиленгликоль (ПЭГ-6000) в концентрации 6% и эпибрасиностероид в концентрации 5×10^8 - 5×10^7 М-брасиностероид.

Определение свободного пролина. Свободный пролин определяли по методу Bates L.S., [Bates L.S., et. al., 1973]. Относительное содержание воды (ОСВ) рассчитывали по формуле: $ОСВ = (m_{сыр} - m_{сух}) / (m_{тург} - m_{сух}) \cdot 100\%$; Водный дефицит (ВД) по формуле: $ВД = ((m_{сыр} - m_{сух}) - (m_{тург} - m_{сух})) / (m_{тург} - m_{сух}) \cdot 100\%$ [Гончаров Н.Д., 1996].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Начало работы являлось получение безвирусных растений картофеля *in vitro* с использованием роста-регулирующего препарата фолиевой кислоты и антивирусного препарате 1,β-d-рибофуранзил-1,2,4-тиазол-3-карбоксамид (рибаверин) из этиолированных ростков картофеля.

Сущность данного способа оздоровления картофеля и его микроклонального размножения *in vitro* связана с тем, что из этиолированных ростков вычленяется апикальная часть (0,3-0,5мм), стерилизуется в 0,15% хлориде ртути 7 минут

Следует отметить, что ростки от клубней массовой репродукции не гарантируют освобождения растений-регенерантов от вирусных инфекций. Разработанный нами способ полностью освобождает растения от вирусов и других инфекций, а также дает возможность получения в короткий срок большого количества растений-регенерантов, что важно для производства элитного семенного картофеля.

Данный способ отличается от существующих:

а) высокой приживаемостью растений-регенерантов в условиях *in vitro*;

б) сокращением сроков получения растений-регенерантов *in vitro* в несколько раз;

в) низким уровнем мутантных растений-регенерантов по сравнению с меристемной культурой;

г) более эффективным освобождением от вирусов (до 100%).

Таким образом, мы разработали технологию получения оздоровленных ростков, включающую следующие шаги:

1. Из этиолированных ростков клубней картофеля получили первичные экспланты. Для изолирования первичных эксплантов оптимальным является использование 10-15 дневных ростков клубней картофеля, выращенных в темноте при температуре 20-22°C. Этилированные ростки обрабатывали 0,15% раствором меркурий хлорида (оптимальным является 7 мин), в качестве первичного экспланта использовали апикальную часть ростков размером 0,3-0,5мм и культивировали в среде Мурасиге-Скуга с добавлением противовирусного препарата рибаверина (8мг/л).

2. Индукции побегообразования из первичного экспланта ростков осуществляли на культурной среде Мурасиге-Скуга с микро- и макроэлементами, витаминами, сахарозой и агаром (Мурасиге-Скуг) но без добавления кинетина и 6-БАП (бензиламинопурин). Применение данного протокола обеспечивает регенерацию от 73 до 89%.

3. Для максимального освобождения от вирусов и других инфекций следует культивировать на среде Мурасиге-Скуга и с добавлением Индолмасляной кислоты (ИМК) - (2мг/л); рибаверина (8мг/л); фолиевой кислоты (50мг/л).

Далее мы изучали некоторые физиологические параметры оздоровленных растений 2-регенерантов, полученных из апикальной части ростков клубней картофеля с использованием противовирусного препарата рибаверина в норме и при воздействии стрессоров в условиях *ex vitro*.

Сорт Таджикистан имеет преимущество по сравнению с другими сортами, а сорт Пикассо не обладает устойчивостью к засоелению. Растения сорта Таджикистан на 0,5 и 1% *NaCl* практически не реагировали, и лишь при концентрации 1,5% наблюдалось наибольшее подавление роста, а сорт Пикассо реагировал при низких концентрациях 0,5% *NaCl*.

Таблица 1. - Влияние хлоридного засоления (на 5-й день) на оводненность и водный дефицит растений картофеля (*ex vitro*)

Варианты	Содержание воды, %		Водный дефицит, %	
	Пикассо	Таджикистан	Пикассо	Таджикистан
Контроль	88,3±0,38	88,2±0,33	12	12
<i>NaCl</i> 0,5%	86,2±0,41	88,3±0,37	14	12
<i>NaCl</i> 1,0%	80,4±0,37	86,4±0,44	26	14
<i>NaCl</i> 1,5%	72,2±0,49	84,5±0,47	38	26

Как видно из данных таблицы 1, при слабой интенсивности засоления (0,5%) водный дефицит практически был на уровне контрольных растений. При повышении концентрации соли в среде до 1% и 1,5%, водный дефицит у сорта Пикассо увеличился от 26 до 38 %, а у сорта Таджикистан был

значительно ниже и составил от 14 до 26% при указанных значениях соли, по сравнению с контрольными растениями.

Одним из основных параметров, сохраняющих водный гомеостаз тканей растений при стрессовых воздействиях, является водный дефицит, который обеспечивает понижение осмотического потенциала в клетках корней и побега, этим свойством обладает сорт Таджикистан.

Как показывают данные таблицы 2, содержание фотосинтетических пигментов регенерантов картофеля при водном дефиците, имитированном ПЭГ-6000, снижалось в 1,5 раза, а соотношение хлорофиллов (**a+b**) к каротиноидам – несколько меньше и составило 1,3 раза. Обработка проростков brassinosteroidом в низких концентрациях не оказывала существенного влияния на соотношение хлорофиллов к каротиноидам. Но при повышении концентрации гормона, он стимулировал синтез хлорофилла “**a**” в 2 раза, хлорофилла “**b**” в 1,5 раза. Следует отметить, что наблюдаемое стимулирование общего содержания пигментов при обработке ПЭГ и гормоном до уровня контроля происходило за счет усиления синтеза хлорофилла “**a**” и каротиноидов (таблица 2).

Таблица 2. - Влияние brassinosteroidов на содержание фотосинтетических пигментов в условиях водного дефицита (сорт Таджикистан)

Варианты	Хл а	Хл b	Каротиноиды	Сумма хлорофиллов	Хл а/в	Хл а+b/каротиноиды
Контроль	1,68±0,3	0,84±0,06	0,44±0,02	2,52	2,04	3,79
ПЭГ	1,33±0,2	0,72±0,05	0,58±0,05	2,05	1,84	2,33
БС (5x10 ⁷ М)	2,02±0,5	1,01±0,8	0,69±0,06	3,13	2,1	2,93
БС (5x10 ⁸ М)	1,72±0,3	0,88±0,05	0,57±0,05	2,60	1,95	5,08
ПЭГ+БС	1,93±0,3	1,02±0,07	0,69±0,06	2,94	1,89	2,79

Можно предположить, что эти сорта различались по эффективности функционирования системы защиты при солевом стрессе и могут оказаться в центре внимания физиологов, биохимиков и молекулярных биологов в целях познания меньшей устойчивости. В связи с этой гипотезой, анализ антиоксидантных систем у изученных сортов картофеля (Таджикистан и Пикассо в качестве контроля) имеет научный интерес.

Как показывают данные таблицы 3, по интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ), которое было тестировано по образованию малонового диальдегида (МДА), исследованные сорта резко различались как в норме, так и при воздействии соли (*NaCl*). Содержание МДА в листьях регенерантов и в корнях варьировалось от 0,3 до 11 мкмоль/г сырой массы. Причем в листьях уровень процессов ПОЛ у обоих сортов в несколько раз выше как в норме, так и в условиях солевого стресса.

Наиболее высокое содержание МДА наблюдалось у сорта Пикассо как в листьях, так и в корнях, чем у сорта Таджикистан.

Таблица 3. - Интенсивность ПОЛ в листьях и корнях растений-регенерантов картофеля в условиях солевого стресса (МДА мкмоль/г сырой массы) в условиях *ex vitro*

Варианты	Сорт Пикассо				Сорт Таджикистан			
	Лист	%	корень	%	лист	%	корень	%
Контроль	2,45 ± 0,51	100	0,92 ± 0,33	100	1,62 ± 0,04	100	0,18 ± 0,02	100
NaCl 0,5%	3,11 ± 0,4	127	1,41 ± 0,06	153	1,72 ± 0,03	112	0,19 ± 0,02	106
NaCl 1,5%	10,8 ± 0,8	440	3,49 ± 0,42	379	2,45 ± 0,12	178	0,32 ± 0,03	150

Так, при низкой концентрации соли (0,5%) накопление МДА в листьях у сорта Пикассо усиливается на 27%, а у сорта Таджикистан всего на 12%. Корни обоих сортов больше реагируют на соль, и в результате накопление МДА у сорта Пикассо увеличивается на 53%, а у сорта Таджикистан незначительно и составляет всего 6%.

При концентрации соли 1,5% в среде выращивания уровень накопления МДА у сорта Пикассо как в листьях, так и корнях резко возрастает и составляет от 380 и 440% соответственно.

Но сорт Таджикистан при концентрации соли 1,5% в листьях и в корнях накапливает МДА гораздо меньше, чем сорт Пикассо, и увеличение составляет 150 и 178% соответственно.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что эти сорта резко различаются по воздействию соли. Это связано с усилением антиоксидантных систем в условиях стрессорного воздействия, и сорт Таджикистан имеет совершенную антиоксидантную систему, которая усиливается в условиях стрессорного воздействия.

Возможно, адаптационные реакции этих сортов (Пикассо, Таджикистан) разные и усиливаются по-разному в условиях стрессорного воздействия. В качестве ответной реакции на активацию ПОЛ индуцируются антиоксидантные системы, которые защищают растения от гибели при стрессе.

Таблица 4. - Влияние brassinosterоидов на синтез РНК в условиях водного дефицита (сорт Таджикистан) в условиях *ex vitro*

Варианты	Содержание РНК мг/г сырой массы	% от контроля
Контроль	1,88±0,2	100
ПЭГ-6000	1,05±0,2	56
БС	4,12±0,4	219
ПЭГ+БС	2,67±0,3	142

Результаты таблицы 4 показывают, что в зависимости от действующей концентрации brassinosterоида изменяется транскрипционная активность генома. Этот гормон стимулировал синтез РНК в условиях водного дефицита почти в 2 раза. Так, в контроле содержание РНК составляло 1,88мг/г сырой массы, а при добавлении в среду МС ПЭГ-1.05 мг. А обработка растений brassinosterоидом

увеличивало содержание РНК до 4,12 мг. При совместной обработке растений ПЭГ+гормон содержание РНК составило 2,67 мг.

Такие же результаты получили при выращивании растений-регенератов в условиях засоления (таблица 5).

Таблица 5. - Влияние brassinosterоида на синтез РНК при засолении (сорт Таджикистан) в условиях *ex vitro*

Варианты	Содержание РНК мг/г сырой массы	% от контроля
Контроль	1,73±0,2	100
0,5% <i>NaCl</i>	1,81±0,2	104
1,0% <i>NaCl</i>	1,77±0,2	102
1,5% <i>NaCl</i>	1,33±0,2	76
БС	3,32±0,4	191
БС+0,5% <i>NaCl</i>	3,66±0,5	211
БС+1,0% <i>NaCl</i>	3,22±0,4	186
БС+1,5% <i>NaCl</i>	2,76±0,3	159

Как показывают данные, по мере увеличения концентрации *NaCl* (от 0,5 до 1,5%) наблюдается заметное изменение в транскрипционной активности. Так, при концентрации *NaCl* от 0,5 до 1,0% у сорта Таджикистан заметного снижения содержания РНК не происходит, и лишь при концентрации *NaCl* 1,5% несколько уменьшается содержание РНК и составляет 1,33 мг на г сырой массы по сравнению с контролем (1,73 мг), т.е. составляет 76% от контроля.

Brassinosteroid заметно почти в два раза усиливает транскрипционную активность растений. Следует отметить, что этот гормон резко стимулирует синтез РНК в условиях засоления. Brassinosteroid снижает эффект действия *NaCl* от 0,5 до 1,0%. Только концентрация *NaCl* в 1,5% несколько снижает синтез РНК, но всего на 24% от контроля.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что растительный гормон-brassinosteroid является фактором, усиливающим транскрипционную активность генома растений в условиях стресса – засоления и водном дефиците и может быть одним из экзогенных компонентов, регулирующих активность растений.

Brassinosteroid заметно снижал эффект водного дефицита и засоления стимулированием транскрипционной активности генома. Известно, что многие стрессовые факторы (засоление, водный дефицит, температура и т.д.) вызывают снижение адаптационной возможности растений. Это достигается путем индукции синтеза антиоксидантных систем на уровне ферментов и низкомолекулярных соединений с протекторными свойствами. При адаптации растений к водному дефициту особую роль играют сахара, аминокислоты и т.д. Среди аминокислот ведущую позицию занимает свободный пролин, который при стрессовых условиях играет полифункциональную роль, которая проявляется в осморегуляторной, антиоксидантной функции и также он является химическим шапероном.

Данные таблицы 6 показывают, что обработка растений ПЭГ существенно стимулировала увеличение пролина в 11,5 раз, экзогенный БС в 12,0 раз, а вместе

(ПЭГ+БС) в 11,0 раз, т.е. этот гормон снижал ПЭГ-индуцированную аккумуляцию пролина.

Таблица 6. - Влияние brassinosteroidов на содержание свободного пролина при водном дефиците

Варианты	мкмоль/г сырой массы	%	Степень увеличения
Контроль	3,39±0,13	100	0
ПЭГ-6000	39,25±1,8	1150	11,5
БС	41,20±1,9	1215	12,0
ПЭГ+БС	37,4±1,8	1103	11,0

Таким образом, brassinosteroid повышает защитную функцию в условиях водного дефицита у растений картофеля и одновременно снижает аккумуляцию свободного пролина. Brassinosteroid не мог полностью быть связан с протекторным эффектом пролина. Возможно, при водном дефиците этот гормон индуцировал синтез и активность антиоксидантных ферментов, что способствовало снижению содержания пролина и аккумуляции их в условиях водного дефицита. В таком случае, возможно, активность антиоксидантных ферментов может оказаться эффективнее пролина.

Данные, представленные в таблице 7, показывают, что в условиях водного дефицита (вариант ПЭГ) активность антиоксидантных ферментов реагирует по-разному на добавление БС.

Таблица 7. - Влияние brassinosteroidов на активность антиоксидантных ферментов при водном дефиците (сорт Таджикистан)

Варианты	мкмоль/г сырой массы			
	гваякол пероксидаза	% от контроля	Каталаза	% от контроля
Контроль	18,5±1,9	100	5450	100
ПЭГ	11,2±1,3	60,5	2270	41
БС	47,7±2,4	258,8	9470	173
ПЭГ+БС	43,8±2,1	244,4	8770	162

Полученные данные свидетельствуют, что в условиях водного дефицита резко стимулируется активность антиоксидантных ферментов гваяколпероксидазы и каталазы. ПЭГ снижает активность этих ферментов примерно на 40%. БС стимулирует активность антиоксидантных ферментов почти на 200%. Интересно, что обработка в условиях *ex vitro* проростков brassinosteroidом почти полностью компенсировала ингибирующий эффект ПЭГ.

Таким образом, при формировании антиоксидантных защитных механизмов в условиях водного дефицита главную роль играют ферменты гваяколпероксидазы и каталазы. В данном случае brassinosteroid стимулировал устойчивость растений картофеля к дефициту воды и одновременно снижал уровень накопления свободного пролина. Более того, полученные данные свидетельствуют о том, что защитный эффект brassinosterоида не является протекторным эффектом пролина, а связан больше всего с синтезом и

активностью антиоксидантных ферментов, а также успешной транскрипционной активностью генома в условиях стрессорных воздействий (например, засоление).

При хлоридном засолении важным является быстрое формирование защитных механизмов, обеспечивающих растения накоплением специальных осмолитов, направленных на выживание в условиях стресса. В нашем случае brassinosterоида повышал солеустойчивость и засухоустойчивость растений-картофеля, независимо от экзогенного добавления пролина. Отсюда можно высказать мысль о том, что защитный эффект brassinosterоида не мог быть опосредован протекторным эффектом пролина (во-первых). Во-вторых, защитный эффект brassinosterоида в условиях стресса может заключаться в изменении гомеостаза, поскольку в клетке транспорт ионов натрия Na^+ зависит от концентрации кальция Ca^+ внутри и вне клетки. Поэтому устойчивость растений к хлоридному засолению определяется не только солеустойчивостью, но и способностью растений выводить Na^+ или проявлять резистентность тканей к Na^+ . Экспериментальные данные представлены на рисунках 1-4.

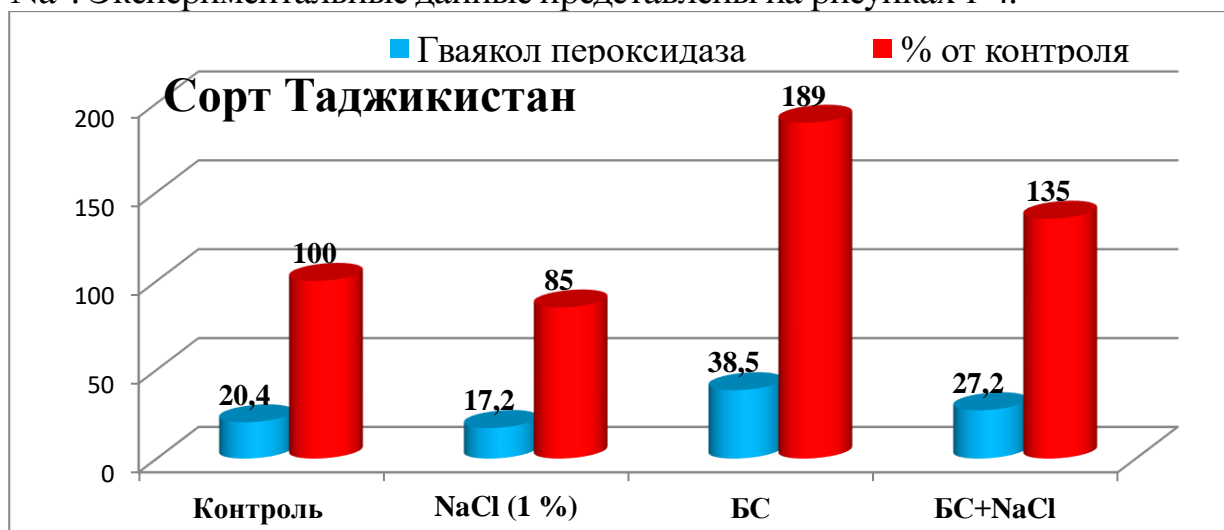


Рисунок 1. - Активность гваяколпероксидазы при добавлении в среду выращивания NaCl и brassinosterоида у сорта Таджикистан

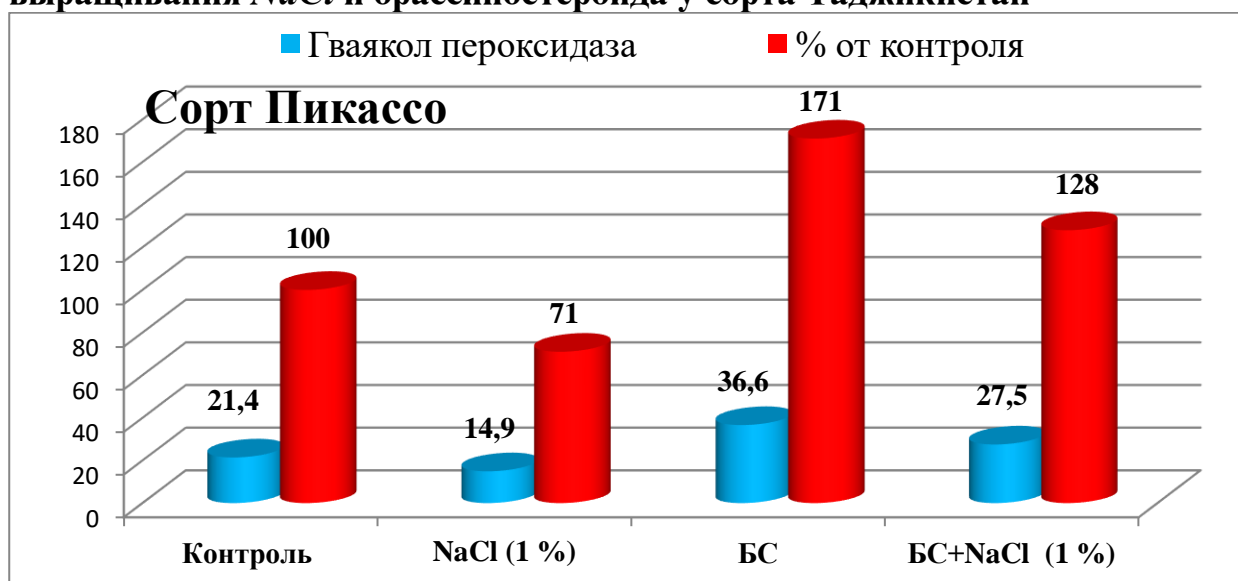


Рисунок 2. - Активность гваяколпероксидазы при добавлении в среду выращивания NaCl и brassinosterоида у сорта Пикассо

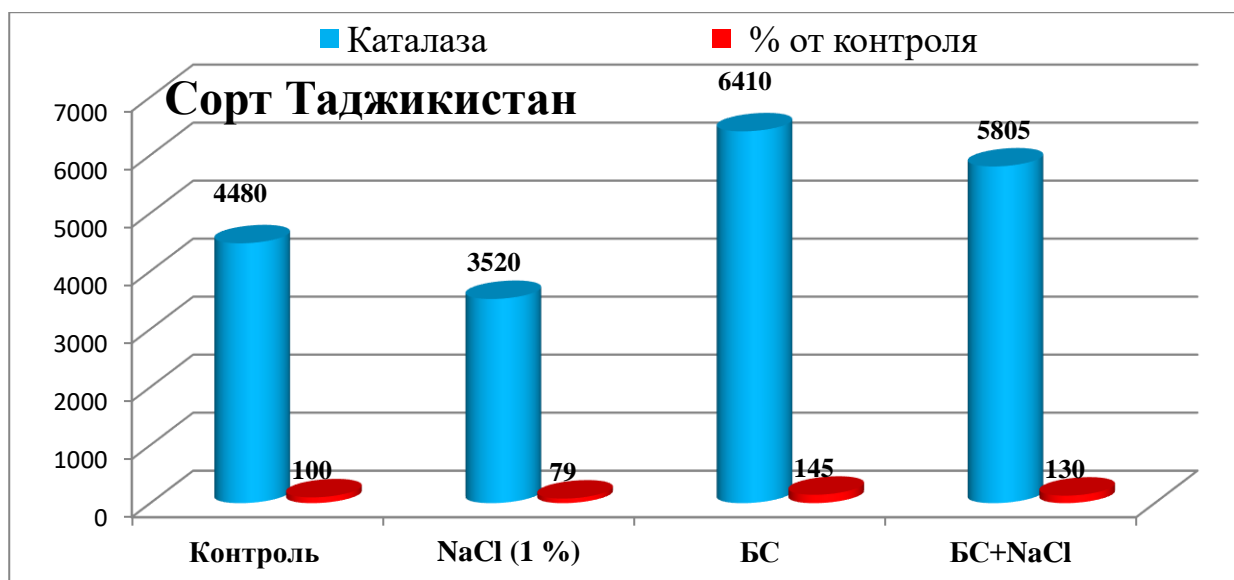


Рисунок 3. - Активность каталазы при добавлении в среду выращивания *NaCl* и brassinosterоида у сорта Таджикистана

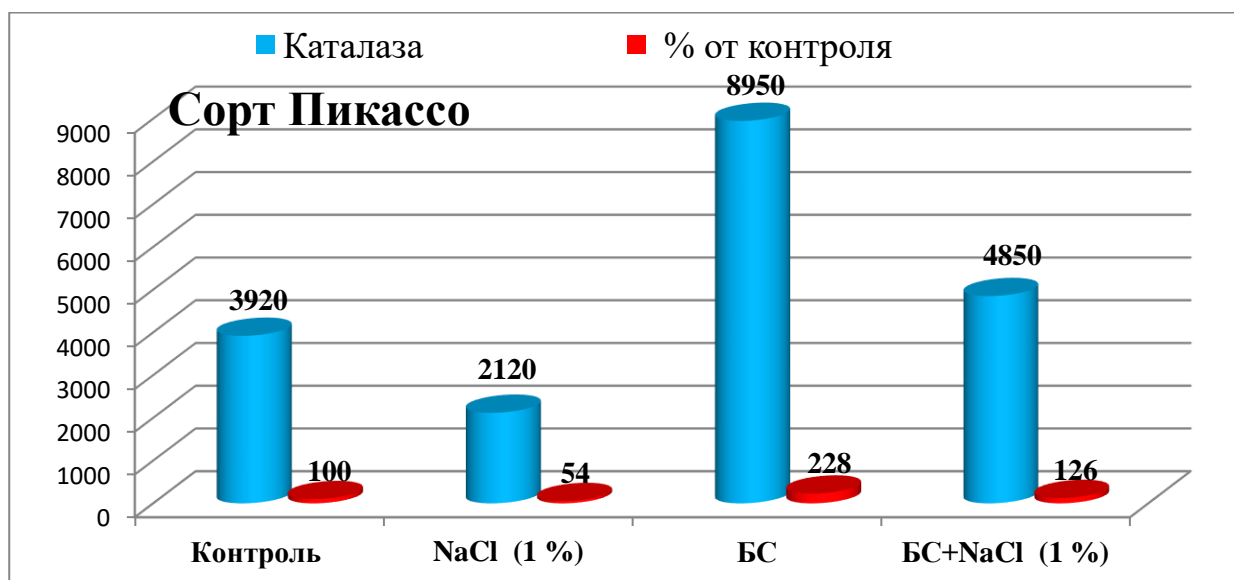


Рисунок 4. – Активность каталазы при добавлении в среду выращивания *NaCl* и brassinosterоида у сорта Пикассо

Данные показывают, что brassinosterоид и пролин оказывают неоднозначный эффект на активность гваяколпероксидазы и каталазы как в норме, так и при солевом стрессе. Сорт Таджикистан оказался более устойчивым к соли (*NaCl*), чем сорт Пикассо. Засоление ингибировало активность гваяколпероксидазы у сорта Таджикистан, на 15% а у сорта Пикассо на 30% (т.е в два раза больше).

Активность другого фермента каталазы также оказалась чувствительной к соли (*NaCl*). Засоление ингибировало активность каталазы у сорта Таджикистан, на 21% и у сорта Пикассо на 46%. Полученные данные показывают, что активность каталазы более чувствительна к засолению по сравнению с активностью гваяколпероксидазы.

Добавление в среду выращивания растений brassinостероида резко стимулировало активности обоих ферментов у исследованных сортов (Таджикистан, Пикассо). Так, brassinостероид стимулировал активность гваяколпероксидазы у сорта Таджикистан на 189%, а у сорта Пикассо на 171%. Brassinостероид также стимулировал активность другого фермента – каталазы, у сорта Таджикистан на 145%, у сорта Пикассо на 228%, т.е. активность каталазы сорт Таджикистан более эффективно реагировала на brassinостероид.

Интересно отметить, что brassinостероид достаточно полно снимал ингибирующий эффект соли ($NaCl$) у обоих сортов картофеля (Таджикистан, Пикассо), но в разной степени. Так, ингибирующий эффект засоления на активность гваяколпероксидазы в присутствии brassinостероида у сорта Таджикистан снизился до 54%, а у сорта Пикассо до 43%. (Вариант БС+NaС). Активность каталазы также в варианте БС+ $NaCl$ стимулировалась по сравнению с вариантом $NaCl$ (засоление). У сорта Таджикистан на 128%, а у сорта Пикассо на 126% от контроля, от вариант БС, где стимуляция составляет 171%

Таким образом, полученные данные позволяют заключить, что brassinостероид обладает стимулирующим эффектом в условиях засоления посредством усиления активности антиоксидантных ферментов. Сорт Таджикистан обладает более выраженной устойчивостью к засолению, чем сорт Пикассо. Выявлено что, устойчивость сортов к засолению связана не только с активностью антиоксидантных ферментов, но есть и другой-альтернативный путь, связанный с накоплением (синтезом) низкомолекулярного антиоксиданта пролина. Пролин играет важную роль в процессе адаптации растений, особенно в условиях водного и солевого стрессов.

Полученные результаты показывают, что внесение пролина (50 мг/л) в среду выращивания не стимулировало активности изученных ферментов. На основе полученных данных обоснована схема взаимодействия brassinостероида и активации генома растений (рис. 5).

Из данной схемы видно, что растительный гормон brassinостероид оказывает эффективное влияние на морфологические параметры растений путем усиления ростовых процессов. Существенно изменяется рост растений, длина междоузлий в присутствии гормона brassinостероида. Также он имеет эффективное влияние на уровень активности генома и вместе обезвреживают действие стрессов, усиливая устойчивость растений к воздействию отрицательных факторов внешней среды.

Таким образом, действие растительного гормона brassinостероида связано с изменением морфологии растений посредством активации специфичных генов, активации синтеза (*de novo*) и усиления активности антиоксидантных ферментов, но не оказывало влияния на уровень накопления свободного пролина, что является новым современным направлением биологии-феномикой.



Рисунок 5. - Эффективность действия брассиностероида на устойчивость и продуктивность картофеля (схема)

ВЫВОДЫ

1. Впервые разработан простой способ оздоровления картофеля и его микроклонального размножения *in vitro*, при котором из этиолированных ростков вычленяется апикальная часть (1,0-1,5см). Через 2 месяца формируются растения–регенеранты, свободные от вирусов и пригодные для микрозамножения в условиях *in vitro* [16-А].

2. Экспериментальные данные показали, что сорт Пикассо резко отличается по уровню накопления МДА в условиях солевого стресса от сорта Таджикистан. При концентрации соли 1,0-1,5% в среде выращивания уровень накопления МДА у сорта Пикассо как в листьях, так и корнях резко возрастает и составляет от 440 до 380%, а у сорта Таджикистан составляет 150 и 178% [1-А].

3. Установлено, что показатели интенсивности ПОЛ к показателям активности антиоксидантной защиты (гваяколпероксидазы) варьировали у сорта Пикассо в диапазоне 0,55 до 0,73, а сорт Таджикистан имел существенно низкое значение этого показателя (0,11-0,19). Это свидетельствует о сбалансированном протекании биохимических процессов у сорта Таджикистан по сравнению с сортом Пикассо и может служить одним из критериев адаптивности растений к стрессовым природным факторам [1-А].

4. Показано, что растения картофеля сорта Пикассо существенно отличаются от сорта Таджикистан в условиях солевого и водного стресса. Обнаружена снижение торможение ростовых процессов хлорофиллов, особенно хлорофилла “а”, у сорта Пикассо, что свидетельствует о

достаточно низкой устойчивости. Сорт Таджикистан в условиях солевого стресса сохранял на достаточно высоком уровне оводненность тканей побегов. Эти сорта различались по эффективности функционирования системы гомеостатирования при солевом стрессе [5-А, 6-А].

5. Установлено, что brassinosteroid стимулировали синтез хлорофилла “а” в два раза, каротиноидов в 1,5 раза. При добавлении ПЭГ синтез хлорофиллов несколько снижался, а при совместном их действии (ПЭГ+БС) содержание пигментов было на уровне контроля независимо от сорта (Пикассо, Таджикистан) [5-А, 15-А].

6. Показано, что brassinosteroid усиливает синтез РНК и заметно снижал эффект действия ПЭГ на уровне синтеза РНК. БС снижал эффект действия ПЭГ на накопление пролина и оказывал стимулирующий эффект на транскрипционную активность растений в условиях водного дефицита. Вместе с тем, brassinosteroid заметно стимулировал активность пероксидазы и каталазы и полностью компенсировал ингибирующий эффект ПЭГ. Brassinosteroid способствовал повышению устойчивости растений к водному дефициту и засолению.

7. Обнаружено, что brassinosteroid и пролин оказывают неоднозначный эффект на активность гваяколпероксидазы и каталазы как в норме, так и при солевом стрессе. Сорт Таджикистан оказался более устойчивым к соли (*NaCl*), чем сорт Пикассо, засоление ингибировало активность гваяколпероксидазы у сорта Таджикистан на 15%, а у сорта Пикассо на 30%, активность каталазы ингибировалась у сорта Таджикистан на 21% и у сорта Пикассо на 46%. Полученные данные показывают, что активность каталазы более чувствительна к засолению по сравнению с активностью фермента гваяколпероксидазы.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Полученные результаты могут быть использованы при чтении курсов лекций по физиологии и биохимии растений, биотехнологии в ВУЗ-ах Республики Таджикистан.
2. Разработанная технология получения растений-регенерантов из этиолированных ростков картофеля в сочетании с противовирусным препаратом рибавирин ускоряет получение семенного оздоровленного материала и его использование в производстве.
3. Гормон brassinosteroid можно рекомендовать для усиления устойчивости растений картофеля к воздействию стрессоров в сельскохозяйственной практике.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Статьи в рецензируемых журналах

- [1-А]. Астанакулова Г.М. Взаимоотношение про- и антиоксидантные растений *Salanum tuberosum L.* К солевому стрессу / Г.М. Астанакулова, З.С. Киёмзода, С.Ф. Сайдализода, Н. Норкулов, К. Алиев // Земледелец Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемура. - Душанбе. - 2020. - №3. - С. 44-48 - ISSN 2074-5435.

[2-А]. Астанакулова Г.М. Водный гомеостаз и уровень про- и антиокислительных систем растений *Solanum tuberosum* L при засухе / Б.М. Сабуров, З.С. Киёмзода, С.Ф. Сайдализода, Г.М. Астанакулова, К.Алиев // Наука и инновация Таджикский национальный университет. - Душанбе. - 2021. - №1. - С. 140-149 - ISSN 2312-3648.

[3-А]. Астанакулова Г.М. Действия ингибитор роста на усиление продукционного показателя *Solanum tuberosum* L. в условиях водного стресса / С.Х. Ашуров, Б.М. Сабуров, Х. Авгонова, М.Л. Азимов, Г.М. Астанакулова // Земледелец Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемура. - Душанбе. - 2019. - №3. - С. 58-61 - ISSN 2074-5435.

[4-А]. Астанакулова Г.М., Морфологический потенциал сортов картофеля в условиях солевого стресса / Г.М. Астанакулова, З.С. Киёмова, М.Л. Азимов, К.Ф. Ашурзода, К. Алиев // Наука и инновация Таджикский национальный университет. - Душанбе. - 2020. - №1. - С. 121-127. - ISSN 2312-3648.

[5-А]. Астанакулова Г.М. Влияние brassinosteroidов на содержание фотосинтетических пигментов и антиоксидантную активность растений картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в условиях водного дефицита / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода, З.С. Киёмзода, К. Алиев // Известия академии наук Республики Таджикистан, Душанбе. - 2021, №3(214) - 70-76 с. – ISSN 0002-3477.

[6-А]. Астанакулова Г.М. Хусусиятҳои картошкаи солимгардонидашуда хангоми таъсири омилҳои стресси шурӣ / Г.М. Астанакулова // Илм ва фановарӣ, Душанбе 2022. №3, - 267-274, – ISSN 2312-3648.

Статьи и тезисы в сборниках конференций:

[7-А]. Астанакулова Г.М. Влияние паклобутразола на физиологические параметры разночувствительных генотипов картофеля *in vitro* [Текст] Материалы республиканской научно-теоретической конференции «Влияние глобального изменения климата на продуктивность агроэкологических систем Таджикистана» посвященная международному десятилетию действия «Вода для устойчивого развития на 2018-2028гг», 70-летию Таджикского национального университета. – Душанбе. –2018. – С. 17–18.

[8-А]. Астанакулова Г.М. Влияние засухи на активность антиоксидантных систем разноустойчивых генотипов картофеля [Текст] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной Международному десятилетию действия «Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы», – Душанбе. – 2018. – С.131-132.

[9-А]. Астанакулова Г.М. Влияние паклобутразола на клубнеобразование и активность антиоксидантного фермента при стрессе [Текст] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, – Душанбе. – 2018. – С.133-134.

- [10-А]. Астанакулова Г.М. Морфофизиологические параметры и активности супероксиддисмутазы растений картофеля в условиях стресса [Текст] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова, К. Алиев // Достижения современной биохимии. Материалы Республиканской конференции. – Душанбе. – 2019. - С. 75-79.
- [11-А]. Астанакулова Г.М. Активности аскорбатпероксидазы и перекисное окисление липидов при длительном воздействии засухи на растения картофеля *Solanum tuberosum* L [Текст] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова // Материалы Республиканской научной конференции “Адаптация живых организмов к изменяющимся условиям окружающей среды”. – Душанбе. – 2019. - С. 57-59.
- [12-А]. Астанакулова Г.М. Эндогенная регуляция устойчивости растений картофеля к стрессу [Текст] / З.С. Киёмова, Г.М. Астанакулова Н.Х. Норкулов, К. Алиев // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий факультета агрономии, агрохимии и экологии (Россия, Воронеж, 24 сентября 2019). -2019. – С. 261-266
- [13-А]. Астанакулова Г.М. Физиологические параметры генотипов картофеля в условиях солевого стресса [Текст] / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции профессорско- преподавательского состава и сотрудников ТНУ, - Душанбе, 2021. – С.
- [14-А]. Астанакулова Г.М. Влияние brassinosteroidов на активность пероксидазы у растений *Solanum tuberosum* в условиях водного дефицита [Текст] / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода // Материалы республиканской научной конференции «Биоразнообразии горных экосистем Памира в связи с изменением климата» г. Хорог, 2021 г. 136-137.
- [15-А]. Астанакулова Г.М. Влияние brassinosteroidов на транскрипционную активность у растений *Solanum tuberosum* L. в условиях водного дефицита [Текст] / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода Назарзода Н.Н. // Международной конференции «Экологические особенности биологического разнообразия» (Таджикистан, г. Куляб, 7-8 октября 2021 г.) 162-163.

Патент

- [1-А] Патент № 1219, Способ получения безвирусного картофеля *in vitro* / Г.М. Астанакулова, С.Ф. Сайдализода, Киёмзода З.С. Назарзода Н.Н, К. Алиев // Душанбе, 2021.

АННОТАТСИЯИ

автореферати диссертатсияи Астанқулова Г.М., дар мавзӯи «Таҳлили системаи антиоксидант дар растании *Solanum tuberosum* L. бо истифода аз омили экзогении брассиностероидӣ»

Калидвожаҳо: ферментҳои антиоксидант, брассиностероид, баланд бардоштани муковимат, стресси абиотикӣ, картошка, пигментҳои фотосинтетикӣ.

Усулҳои таҳқиқот. Дар таҳқиқот усулҳои муосири ташҳиси системаҳои антиоксидантӣ, ба монанди фаъолнокии каталаза [Аеби Н., 1984] пероксидаза [Шевякова Н.И., ва дигарон 2002], миқдори малондиалдегид [Buege J. A., et. al., 1978] ва пролини озод [Bates L.S., et. al., 1973] ва ғайраҳо истифода шудааст.

Мақсади таҳқиқоти илмии мо таҳлили системаи антиоксиданти дар растании *Solanum tuberosum* L. бо истифодаи омили экзогении брассиностероиди мебошад.

Навоварии илмии тадқиқот. Усули содаи солимгардони картошкаи бевирус бо истифода аз маводи зидди вирусии рибаверин коркард карда шудааст. Навҳои таҳқиқшуда (Пикассо ва Тоҷикистон) аз рӯи дараҷаи устуворнокиашон ба шӯрӣ фарқ мекунамд. Нави Тоҷикистон зери таъсири стресси шӯрӣ дараҷаи обнокии бофтаро дар сатҳи баланд нигоҳ дошта, ба коҳиши хлорофилл «а» ва қатъшавии равандҳои рушду нумӯъ нисбат ба нави Пикассо камтар осебпазир мебошад. Нави Тоҷикистон нисбат ба нави Пикассо ба шароити шӯрӣ ва хушкӣ устувортар мебошад.

Муқаррар карда шудааст, ки таносуби оксидшавии перексидии липидҳо ва антиоксидантӣ (ОПЛ/АО) дар нави Пикассо нисбат ба нави Тоҷикистон 5 маротиба зиёд аст. Ин аз фаъолияти баланди системаи антиоксидантӣ шаҳодат медиҳад ва дар нави Тоҷикистон хусусияти аз ҷиҳати генетикӣ собитшуда ба шумор меравад.

Бори аввал нишон дода шудааст, ки брассиностероид ва пролин дар тақвияти ферментҳои антиоксидантӣ ҳамдигарро пурра наменамоянд, аммо ҳангоми таъсири шароити стрессӣ мувофиқи механизмҳои мустақил амал менамоянд.

Аҳамияти назариявӣ ва амалии рисола. Натиҷаи кор оид ба таъсири гормони растании брассиностероид дар мустаҳакам намудани системаи транскрипсионӣ ба самти муосири биология-геномика ҳиссаи нав мегузорад. Гузашта аз ин, танзими ҷузъҳои про- ва антиоксиданти хуҷайра ба тағйири мақсадноки растаниҳо дар шароити тағйирёбии иқлим бе талафи ҳосилнокӣ мусоидат мекунад, ки далели муҳим дар рушди самти нави биология мебошад.

Татбиқи натиҷаҳои бадастомада. Натиҷаҳои ба даст овардашуда нишон медиҳанд, ки нақшаи тартибдодашудаи ба даст овардани растаниҳои регенеративии бе вирус дар асоси микроэксплантҳо аз беҳмеваи картошкаи этиолӣ аз ҷиҳати иҷтисодӣ асоснок буда, татбиқи натиҷаҳоро дар истехсолот осон мегардонад, инчунин ба таҳқиқоти фундаменталии физиология, биохимия ва биотехнология мусоидат мекунад.

АННОТАЦИЯ

**автореферата диссертации Астанкуловой Г.М., на тему
«Анализ антиоксидантной системы у растения *Solanum tuberosum* L. с
использованием экзогенного фактора brassinостероида»**

Ключевые слова: антиоксидантные ферменты, brassinостероид, усиление устойчивости, абиотический стресс, картофель, фотосинтетические пигменты.

Методы исследования: в работе использованы современные методы анализа антиоксидантных систем, такие как активность каталазы [Aebi H., 1984], пероксидазы [Шевякова Н.И., и др., 2002], содержание малонового диальдегида [Buege J. A., et. al., 1978] и свободного пролина [Bates L.S., et. al., 1973] и т.д.

Целью нашего научного исследования является анализ антиоксидантной системы растения *Solanum tuberosum* L. с использованием экзогенного фактора brassinостероида.

Научная новизна исследования. Разработан упрощенный метод оздоровления картофеля от вирусов с применением антивирусного препарата рибаверина. Изученные сорта (Пикассо и Таджикистан) существенно отличаются по уровню устойчивости при засолении. Сорт Таджикистан в условиях солевого стресса сохранял на высоком уровне оводненность тканей, был меньше подвержен падению хлорофилла «а» и торможению ростовых процессов, чем сорт Пикассо. Сорт Таджикистан более солеустойчив и засухоустойчив, чем сорт Пикассо.

Установлено, что соотношение ПОЛ/АО у сорта Пикассо в пять раз выше, чем у сорта Таджикистан. Это указывает на высокую активность антиоксидантной системы и является генетически закрепленным признаком у сорта Таджикистан.

Впервые показано, что brassinостероид и пролин в усилении антиоксидантных ферментов не взаимодействуют, а в условиях стресса действуют по независимым механизмам.

Теоретическая и практическая значимость диссертации. Результат работы о влиянии растительного гормона brassinостероида на усиление транскрипционной системы внесет новый вклад в современное направление биологии-геномику. Более того, регулирование про- и антиоксидантных компонентов клетки способствует целенаправленному изменению статуса растений в условиях изменения климата без потери продуктивности, что является важным аргументом в развитии нового направления в биологии.

Применение полученных результатов. Полученные результаты показывают, что разработанная схема получения свободных от вирусов растений-регенерантов на основе микроэксплантов из этиолированных ростков клубней картофеля является экономически оправданной и упрощает внедрение результатов в производство, а также стимулирует фундаментальные исследования в физиологии, биохимии и биотехнологии.

ANNOTATION

**abstract of the dissertation of Astankulova G.M., on the topic
"Analysis of the antioxidant system in *Solanum tuberosum* L. plants using the
exogenous brassinosteroid factor"**

Key words: antioxidant enzymes, brassinosteroid, resistance enhancement, abiotic stress, potato, photosynthetic pigments.

Research methods: the work uses modern methods for the analysis of antioxidant systems, such as the activity of catalase [Aebi H., 1984] peroxidase [Shevyakova N.I., et al., 2002], the content of malondialdehyde [Buege J. A., et. al., 1978] and free proline [Bates L.S., et. al., 1973], etc.

The aim of our scientific study is to analyze the antioxidant system of the *Solanum tuberosum* L. plant using the exogenous brassinosteroid factor.

Scientific novelty of the research. A simplified method for the recovery of potatoes from viruses using the antiviral drug ribaverin has been developed. The studied varieties (Picasso and Tajikistan) differ significantly in terms of salinity tolerance. Variety Tajikistan under salt stress maintained a high level of tissue hydration, was less susceptible to the fall of chlorophyll "a" and inhibition of growth processes than variety Picasso. The Tajikistan variety is more salt and drought tolerant than the Picasso variety.

It has been established that the LPO/AO ratio in the Picasso variety is five times higher than in the Tajikistan variety. This indicates a high activity of the antioxidant system and is a genetically fixed trait in Tajikistan variety.

It has been shown for the first time that brassinosteroid and proline do not complement each other in enhancing antioxidant enzymes, but under stress conditions act according to independent mechanisms.

Theoretical and practical significance of the dissertation. The result of the work on the influence of the plant hormone brassinosteroid in strengthening the transcriptional system will make a new contribution to the modern direction of biology-genomics. Moreover, the regulation of pro- and antioxidant components of the cell contributes to a targeted change in the status of plants in the face of climate change without loss of productivity, which is an important argument in the development of a new direction in biology.

Application of the results obtained. The obtained results indicate that the developed scheme for obtaining virus-free regenerated plants based on microexplants from etiolated potato tubers is economically justified and simplifies the implementation of the results in production, and also stimulates fundamental research in physiology, biochemistry and biotechnology.

Ба матбаа 17.03.2023 супорида шуд.
Ба чопаш 31.03.2023 имзо шуд.
Қоғаз офсет. Андозаи 60x84 1/16. Ҷузъи чопӣ 3,75.
Супориши №16. Адади нашр 100 нусха.
Матбааи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон
ш. Душанбе, Буни Ҳисорак бинои 14.

Сдано в набор 17.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Усл. п.л. 3,75
Заказ №16. Тираж 100 экз.
Отпечатано в типографии ТНУ
г. Душанбе, район Сино Буни Ҳисорак корпус 14.

