





Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) =Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина (междисциплинарный). – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2024. -№ 4 (123). - Р. 52-65. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/ 10.51452/kazatu.2024.4(123).1777

ЭОЖ 632.4.01/.08: [571.27]

Шолу мақаласы

Бұталы раушандардың аурулары және олардың саңырауқұлақ ауруларына генетикалық төзімділігі

Сабитова З.Д.¹ , Мырзабаева М.Т.¹ , Гаджимурадова А.М.¹ ,
Куровский А.В.² 

¹С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

²Томск мемлекеттік университеті, Томск, Ресей Федерациясы

Корреспондент-автор: Сабитова З.Д.: zika.sabitova@gmail.com

Бірлескен авторлар: (1: ММ) malika77780@mail.ru; (2: ГА) aisarat3878@mail.ru;

(3: АВ) a.kurovskii@yandex.ru

Қабылданған күні: 01-10-2024 **Қабылданды:** 06-12-2024 **Жарияланды:** 30-12-2024

Түйін

Сәндік өсімдіктер қалалық ландшафттарда көгалдандыру және коммерциялық мақсатта өсіріледі. Олар эстетикалық қасиеттері үшін жоғары бағаланады және әлемдік бау-бақша өнеркәсібінің маңызды бөлігін құрайды. Өртүрлі фитопатогенді микроорганизмдер қоздырғыштары әсерінен сәндік өсімдіктер құндылығын жоғалтады, көшет материалдарының сапасын да төмендетіп үлкен экономикалық зиян келтіреді. Соның ішінде раушан гүлдері ең танымал сәндік өсімдігі болып табылады. Соңғы жылдары сәндік өсімдіктер нарығының айтарлықтай өсуі саңырауқұлақ қоздырғыштарының таралуына ықпал етті. Қазақстанда таралған раушан аурулары болып қара дақ (*Diplocarpon rosae* Wolf), ақ ұнтақ (*Podosphaera pannosa* Wallr.:Fr.) және тат (*Phragmidium* spp.) болып табылады. Сондықтан да осы өсімдіктерге фитопатогендердің түрлілігі туралы мәліметтерді жүйелеу өзекті ғылыми-зерттеу міндеті болып табылады. Бұл шолуда аталмыш қоздырғыштардың әртүрлілігін және олардың жоғарыда аталған сәндік өсімдіктерге кері әсерін сипаттадық.

Кілт сөздер: ақ ұнтақ; қара дақ; раушан; тат саңырауқұлағы.

Кіріспе

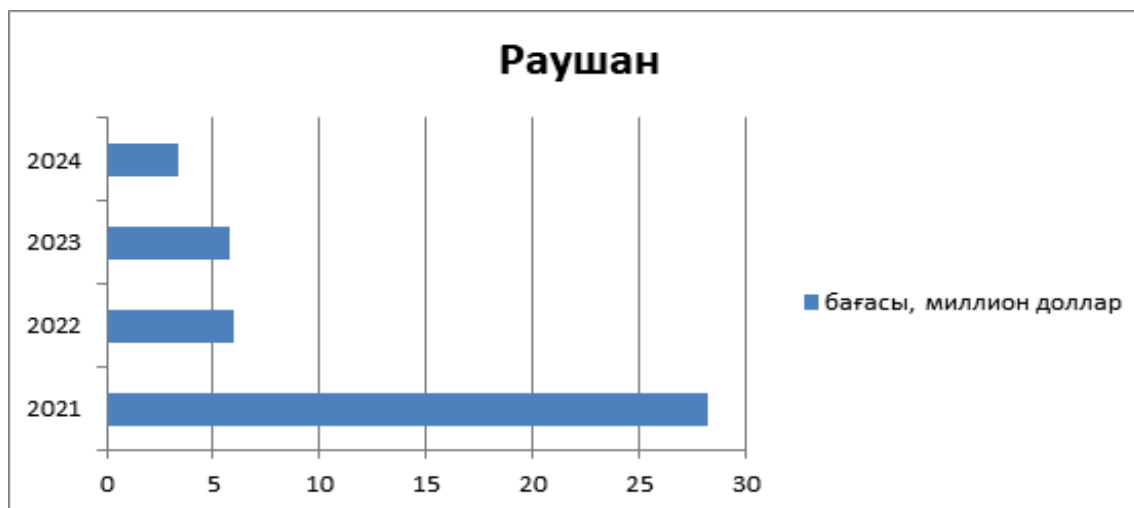
Раушан маңызды сәндік өсімдік ретінде

Раушан гүлдері бірнеше мыңдаған жылдар бұрын Еуропа мен Қытайда дәрілік, сәндік және хош иіс алу мақсатында мәдени сұрыптарды шығаруға бағытталған [1]. 18 ғасырда Еуропаға қытайлық раушандарды енгізу [2] нәтижесінде еуропалық раушан гүлдері өзгерістерге ұшырады. Мысалы гүлдердің көлемінің үлкеюі, түстерінің алуандылығы, хош иісінің артуы. Содан бері қарқынды селекция және жоспарланған селекциялық жұмыстар бүкіл әлемде мәдени формалары бар раушан түрлерінің жүздеген сорттардың пайда болуына әкелді [3]. Бұл өзгерістер раушан гүлін әлемдегі ең танымал сәндік өсімдікке айналдырды. Осылайша, өсіру тарихына байланысты раушан гүлдері тетраплоидты, триплоидты және диплоидты сорттардан тұратын түр аралық кешен болып табылады [4]. Қазіргі уақытта раушанның жаңа сорттарының басым көпшілігін жеке селекционерлер шығарады.

Раушандар әлемдегі ең маңызды сәндік өсімдіктердің бірі болып табылады, әлемдік статистика бойынша жылына 18 млрд кесілген гүлдер, 60-80 млн өсіретін раушан және ландшафт үшін 220 млн раушан өндіріледі [5]. Жиырма жыл бұрын әлемде кесілген раушан және бақша раушандары

нарығының болжамды құны жылына 11,7 млрд долларды құрады [6]. 2008 жылы раушанның әлемдік өндірісі 24 млрд еуроға бағаланды [7]. Жақында голландиялық раушан кесілген гүлдер нарығының құны 10 млрд долларға бағаланды [8] және Солтүстік Американың ландшафттық раушан өнеркәсібі 1 млрд долларға бағаланды [9]. Осылайша, әлемдік ауқымдағы раушан өнеркәсібі 10 млрд долларға жуық экономикалық әсерге ие.

Қазақстан Республикасы Қаржы министрлігінің Мемлекеттік кірістер комитеті шетелден гүл әкелуге қатысты қызықты деректермен бөлісті (1-сурет) [10].



1-сурет – 2020-2024 жылдардағы Қазақстаннан раушан гүлінің импорты

2021 жылы Қазақстанға 41,4 млн долларға 5 752 т гүл әкелінді. Атап айтқанда, раушан (3 646 т, 28,2 млн АҚШ доллары), хризантема (714 т, 4,8 млн АҚШ доллары), лалагүл (240 т, 1,4 млн АҚШ доллары), қалампыр (197 т, 1,1 млн АҚШ доллары) және басқа да гүлдер. Сонымен қатар, 2021 жылы Қазақстан 71,4 мың АҚШ долларын құрайтын салмағы 17,8 т раушан мен лалагүлді экспорттаған.

2022 жылдың қаңтар-ақпан айларында Қазақстанға 8,5 млн АҚШ долларын құрайтын 1085 т гүл әкелінді. Раушан гүлдері ең танымал болды: оның 724 т импортталды, құны шамамен 6 млн АҚШ доллар.

2022 жылы гүлдер Нидерландыдан (535 т), Бельгиядан (162 т), Германиядан (115 т), Эквадордан (94 т), Литвадан (79 т), Колумбиядан (54 т), Өзбекстаннан (69 т), Кения (15 т), Словакия (5 т), Израиль (4 т) және Түркия (3 т) мемлекеттерінен әкелінді.

2023 жылдың қаңтар-ақпан айларында Қазақстанға 9,5 млн АҚШ долларын құрайтын 1341 т гүл (24,6 млн бүршік) әкелінді. Раушан гүлдері тағы да танымалдық бойынша бірінші орынға шықты: 799 т (18 млн бүршік) құны 5,8 млн АҚШ доллар.

2023 жылы Қазақстанға 60,1 млн АҚШ долларын құрайтын 8,5 мың т гүл әкелінді, бұл 2022 жылмен салыстырғанда 1,4 мың т және 13,1 млн АҚШ долларына көп. 2023 жылы қазақстандық раушан гүлдері Өзбекстанда шетелде сұранысқа ие болды, онда 40,4 мың АҚШ долларына 27,1 т гүл экспортталды [10].

2024 жылдың қаңтарында Қазақстанға 5,0 млн АҚШ долларын құрайтын 639,7 т гүл (12,1 млн бүршік) әкелінді. 2023 жылдың қаңтарында 3,9 млн АҚШ долларға 526,8 т гүл (10,2 млн бүршік) импортталды. Раушан гүлдері ең танымал болып қалды, 411,2 т (9,3 млн бүршік) құны 3,4 млн АҚШ долларын құрады.

2024 жылы гүлдер Эквадордан (404,2 т), Нидерландыдан (105,4 т), Колумбиядан (49,3 т), Қытайдан (16,3 т), Кениядан (44,8 т), Өзбекстаннан (9,2 т) және Израильден (2,7 т) әкелінді [10].

Ұсынылған деректерге сүйене отырып, соңғы жылдары Қазақстанға гүл әкелу көлемі мен құнының айтарлықтай өскені туралы қорытынды жасауға болады. Раушан гүлдер ең танымал гүл болып қала береді, бұл импорт және экспорт деректерімен расталады. Қазақстан түрлі елдерден белсенді түрде гүлдер импорттайды, бұл ретте жеткізушілер арасында Эквадор жетекші орын

алады. Мәліметтер сондай-ақ ел экономикасын нығайтуға және ішкі нарықтың қажеттіліктерін қанағаттандыруға көмектесетін гүл нарығын дамытудың оң динамикасын көрсетеді.

Өсімдік ауруларының раушан гүлінің өндірісіне әсері

Қазігі таңда көптеген қалалар саябақтар мен жасыл кеңістіктердің қажеттілігін талап етеді. Жасыл кеңістіктердің қоршаған ортаның жағдайына жағымды әсер ету қабілетін ескере отырып, оларды адамдардың өмір сүретін, жұмыс істейтін, оқитын және демалатын жеріне барынша жақындату қажет. Сәндік өсімдіктер қоршаған ортаның және ірі қалалардың ажырамас бөлігі болып табылады. Олар қолайлы микроклиматтық және санитарлық-гигиеналық жағдайларды жасап қана қоймай, сонымен қатар қалалық ландшафтының эстетикалық жағдайын жақсартады.

Бірақ сәндік кешендерді құру барысында бірқатар мәселелер кездеседі:

- біріншіден, гүлдердің көпшілігі көшет әдісімен өсіріледі, яғни тұқым себу жылыжайларда жүзеге асырылады, одан әрі көшеттерді ашық жерге отырғызады. Көбінесе сәндік өсімдіктер дала жағдайына бейімделуі нашар өтеді;

- екіншіден, гүлді өсімдіктердің нашар өсуінің себебі – олардың әртүрлі аурулармен және зиянкестермен зақымдануы;

- үшіншіден, абиотикалық, биотикалық және антропогендік стрестік жағдайларға қарсы сорттық сезімталдық байқалады [11].

Саңырауқұлақтар, бактериялар, вирустар, нематодтар және фитоплазмалар бүкіл әлемде өсірілген раушанға әсер етеді. Бұл қоздырғыштар өсімдіктердің өсуін баяулатады және өліміне әкеледі, сонымен қатар өсімдіктің сәндік құндылығына айтарлықтай әсер етіп, жапырақтар мен гүлдердің мозаикасын, деформациясын, дақтарын, түссізденуін, некрозын тудырады. Соңғы уақытта тұтынушылар тарапынан бау-бақша раушандарына сұраныстың жоғары тенденциясы байқалып, ерекше күтімді қажет етпейтін және аймақтың негізгі ауруларына төзімді раушандарды өсіруді дамыту аса маңызды [12]. Соның ішінде қара дақ пен ақ ұнтақ ауруларына төзімді раушан гүлдері өте жоғары сұранысқа ие.

Солтүстік Америка мен Еуропадағы раушан генетикасын зерттейтін бірнеше мемлекеттік бағдарламалар өз зерттеулерін ауруға төзімді сорттарын шығаруға негізделген, ал жеке бағбандар раушанның жаңа сәндік сортын шығаруға бағытталған. Осылайша, әлемде шығарылатын жаңа раушан сорттарының басым көпшілігін жасайтын жеке селекциялық бағдарламалар [13].

Жапырақ дақтары мен жапырақтардың түсуін тудыратын кең таралған әлемдік раушан саңырауқұлақ қоздырғыштарына: қара дақ (*Diplocarpon rosae* Wolf), тат (*Phragmidium spp.*), церкоспора (*Cercospora pueri* B. H. Davis және *C. rosicola* Pass.) және антракноз (*Sphaceloma rosarium*) жатады.

Ақ ұнтақ (*Podosphaera pannosa* Wallr.:Fr.) және жалған ақ ұнтақ (*Peronospora sparsa* Berk.) саңырауқұлағы саябақтарда, қалалық ортада сәндік раушан гүлдеріне әсер етеді, бірақ екі ауру да жылыжайларда өсірілетін гүлдерде жиі кездеседі [14].

Күз мезгілінде раушанның негізгі қоздырғышы – *Botrytis* саңырауқұлағы (*Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr.) [15]. Раушандарды өсіру кезінде бұл аурумен күресу ақ ұнтақтың құнына сәйкес болса да, раушан гүлдеріндегі сұр шірікке төзімділігі туралы аз мәлімет бар.

Саңырауқұлақтан басқа раушан ауру қоздырғыштарына вирус, бактерия, нематодтар жатады. Мысалы, кең таралған бактериялық ауру – тәжі ауруы (*Agrobacterium tumefaciens* Conn.) [16], нематодтар [17] және әртүрлі вирустар бүкіл әлемде кең таралған және жақсы бақыланады [18].

Саңырауқұлақ және бактериялық аурулармен күресу шараларына: профилактикалық фунгицидтік немесе бактерицидтік (био бақылауды қоса алғанда) қолдану арқылы толықтай жою (инфекция көздерін жою), оқшаулаумен (тек таза жабдықты пайдалану) және төзімді сорттар қолданумен жүргізіледі [19].

Раушандарда көптеген вирустар бар, соның ішінде: Алмұрттың некротикалық сақина дақтары вирусы (PNRS), Алма мозаикалық вирусы (ArMV), Арабис мозаикалық вирусы (ArMV) [20].

Көптеген вирустар өлімге әкелмесе де, инфекциялар әдетте гүлдердің өміршеңдігін, өнімділігін және сапасын төмендетеді [21]. Дегенмен, қызғылт Розетка вирусы раушан өсімдігі үшін аса қауіпті және өлімге әкеледі [22].

Егер өсімдік вирус ауруымен жұқтырылған болса, өсімдіктен вирусты жою мүмкін емес. Вирустармен күресудің негізгі әдісі – олардың таралуына жол бермеу. Ол үшін отырғызу материалының вирустармен ластанбауын қамтамасыз ететін сертификаттау бағдарламалары қолданылады.

Мысалы, Калифорния университетінде (Дэвис, АҚШ) Foundation Plant Services өсімдіктерді сертификаттау қызметі бар, ол вируссыз раушан сорттарын сақтауға арналған. Олар сондай-ақ термотерапия (жылумен емдеу) арқылы өсімдіктерден вирустарды жоя алады.

Қара дақ ауруы

Қара дақ – кең таралған және өте зиянды ауру. Ауру әсіресе жоғары ылғалдылық жағдайында қарқынды дамиды. Ауру өсімдіктердің әлсіреуіне әкеледі, олар нашар қыстайды және келесі жылы жаман гүлдейді. Жапырақтардағы қара дақтардың әсерінен зардап шеккен өсімдік сәндік көрінісін жоғалтады (2-сурет) [23].



2-сурет – Қара дақ ауруымен зақымданған раушан жапырағы [23]

Қоздырғыш *D. rosae*, гемибиотрофты [24] аскомицет, оның өмір сүруі ең алдымен тірі жасушаларға байланысты. Оның кем дегенде 11 түрлі патогендік расалары бар екендігі құжатталды [25]. Саңырауқұлақтың жыныстық формасы *Marssonina rosae* болғанымен, бұл туралы мәліметтер аз кездеседі [26]. Бірнеше зерттеулер молекулалық маркерлерді қолдана отырып, саңырауқұлақтардың әртүрлілігін зерттеді және басқа саңырауқұлақ географиясына байланысты өзгергіштік бар екенін анықтады. Мысалы АҚШ, Украина, Канада, Франция, Швеция елдерінде жүргізілген зерттеулерде қара дақ ауруының патогендерінде айырмашылық табылды [27].

Жаздың екінші жартысында раушан түрлерінің жапырақтарында әртүрлі көлемдегі қою қоңыр, қара дақтар байқалды. Соның салдарынан жапырақтары бозарып, мерзімінен бұрын түсіп қалды. Біржылдық өскіндердің жасыл қабығында да дақтар болды. Нәтижесінде келесі жылы өсімдік әлсіреп, нашар гүлдейді. Жапырақтардың терісінің астында саңырауқұлақ мицелийі дамиды аурудың қоздырғышы өсіп келе жатқан жолақтарды қалыптастырады. Раушан жапырақтарының қара дақ ауруы кезінде бұл жарықтық дақтардың шеттерінде анық көрінеді. Өйткені, раушан гүлдері тығыз, көлеңкелі және нашар желдетілетін жерлерде отырғызылады.

Арудың белгілері жапырақтарда дөңгелек қара дақтар түрінде пайда болады. Зақымдалған жапырақтар әдетте құлап кетеді, бұл өсімдіктер қалыпты даму қабілетін жоғалтады. Дақтарда саңырауқұлақтың конидиальды споралануы дамиды. Конидиялар түссіз, ұзынша, сәл сойыл тәрізді, кейде пішіні дұрыс емес, көбінесе шілтерлі, өлшемі 16-25×5-7 мкм (3-сурет).



3-сурет – Қара дақ спорасы [23]

Аурудың қоздырғышы жоғары температура диапазонында дами алады. Ылғалды субтропиктерінде саңырауқұлақтың өсуіне және дамуына жағымды әсер ететін температура бүкіл вегетациялық кезеңде дерлік байқалады, түнде немесе таңертеңгі шықтан жауын-шашын түріндегі тамшы-сұйық ылғалдылық инфекция үшін жеткілікті. Жапырақтардағы алғашқы дақтар маусымның бірінші онкүндігінде пайда болады.

Жаңбырдың тамшылары арқылы таралатын қоздырғыш бүкіл егістікке, әсіресе жас өсімдіктерге, біркелкі таралмауы мүмкін, бұл сорттың төзімділігіне байланысты. Сорттардың төзімділігін анықтау үшін бір танапта бірнеше раушан сұрыптарын бір-біріне жақын отырғызады. Арасына жұқтырылған раушан гүлдерін отырғызады. Сынақ жұмыстары кем дегенде 3 жыл бойы жүргізіледі. Ең төзімді раушандар кейіннен патогендердің алуан түрлілігіне ұшырауы үшін бірнеше жерге отырғызылады. Дегенмен, далалық скрининг өсімдіктердің төзімді расаларын анықтамайды. Скринингтің бұл түрін зертханада белгілі бір расалармен бөлінген жапырақтарды скрининг әдісі арқылы тиімді жүргізуге болады. Осылайша жеке бағбандар немесе ғылыми зерттеу мекемелері сынақтар жүргізеді [28].

Қара дақ конидиялары жаңбырлатып суаруды қолдану арқылы да таралуы мүмкін. Көптеген коммерциялық раушан өсірушілер бүрку, жаңбырлатып бүрку жұмыстарын аз немесе мүлдем қолданбауға бет бұрып жатыр. Бұдан басқа, егу деңгейін арттыру үшін аз күш жұмсалады, дегенмен олардың сынақтары әдетте сезімтал сорттарды қамтиды және көбінесе белгіленген ауру сынақтарының жанына отырғызылады [29].

АҚШ және Еуропа елдерінде далалық және зертханалық зерттеулер раушан гүлдерінің (мәдени және жабайы) қара дақтарға төзімділігін бағалады. Ең төзімді түрлер жабайы раушан гүлдері немесе олармен шағылысу арқылы алынған сорттар болып шықты. Соңғы 30 жылдағы табыстарға қарамастан, қара дақтар ауруына толықтай төзімді сорттар жоқ: Америка Құрама Штаттарында сыналған 400 раушан сортының тек 7% жоғары төзімділік көрсетті [30].

Ақ ұнтақ ауруы

Ақ ұнтақ саңырауқұлақтары алғашқы рет зерттелген кезде *Erysiphaceae* тұқымдасына немесе *Erysiphales* отрядына жіктелген. Соңғы жылдары *Leotiomycetes* класстық мультигенді филогениясы нәтижесінде ақ ұнтақ Helotiales мүшесі екенін көрсетті. Олар әдетте әртүрлі ауылшаруашылық және сәндік өсімдіктердің жапырақтарында, жас бұтақтарында, кейде жемістерінде инфекциялар тудыратын байқалады. Оларды ұнтақты дақтар немесе өсімдік бетіндегі ақ, сары, қоңыр немесе сұрғылт мицелий мен конидиофорлардың диффузиялық қабаты арқылы оңай анықтауға болады, кейде сфералық, ине ұшы тәрізді, сары, қоңыр және қара түсті мицелийлер құрылымдармен безендірілген. Ақ ұнтақтың ауыл шаруашылығы мен бау-бақша шаруашылығына айтарлықтай экономикалық әсері, өсімдік беттеріндегі бірегей инфекциялық құрылымдардың айқын дамуы және өсімдік-паразиттік өзара әрекеттесулердің әртүрлілігі оларды биотрофты қоздырғыштарды және олардың өсімдік иелерімен өзара әрекеттесуін зерттеу үшін қолайлы үлгілі организмдерге айналдырды [31].

2000 жылдан 2019 жылға дейін әлемдік аурулар ақпараттық базасында тіркелген 700-ден астам ұнтақты көгеру ауруының үштен бірі тек жалпы деңгейде анықталды. Бұл аурулардың қоздырғыштары молекулярлық филогенездер мен морфологиялық белгілерді пайдалана отырып, міндетті түрде анықтауды қажет етеді. Көптеген аурулар генетикалық жағынан бір-бірінен ерекшеленетін түрлердің морфологиялық тұрғыдан бір-бірінен ажыратылмайтыны туралы дәлелдемелердің жоғарылауымен сәйкестендіру мақсатында салыстырылатын тип үлгілері үшін жақсы сақталған анықтамалық ДНҚ тізбегін әзірлеу өте маңызды.

Ақ ұнтақ жылыжайларда өсірілетін раушандардың басты ауруы болып табылады. Себебі жылыжай жағдайында қоздырғыштың дамуына оңтайлы жағдай жасалған [32]. Бұл әртүрлі сорттармен әрекеттесетін көптеген патогендік расалары бар облигатты саңырауқұлақ паразиті [33]. Жылыжайларда өсірілетін раушандар (зерттелетіндердің 5%) және дала жағдайында өсетін раушандармен салыстарғанда, дала жағдайында патогендік расалардың әртүрлілігі жоғары (4-сурет) [34].



4-сурет – Ақ ұнтақпен ауырған раушан жапырағы [23]

Сонымен қатар, *Podosphaera* ауадағы конидиялар бар, олар негізінен су тамшылары арқылы таралатын Диплокарпон сияқты патогенге қарағанда ұзақ қашықтыққа тасымалдана алады. Бұл жаңа расалардың тез қалыптасып, таралу күшін арттырады. Төзімділік мәдени және жабайы раушан гүлдерінде анықталған. Патоген мен иесі өсімдіктің өзара әрекеттесуін зерттеу нәтижесінде, саңырауқұлақтардың тез енуі мен өсуінен бастап өсімдіктің қорғаныс реакциясына және споралардың баяу өнуіне дейінгі әртүрлі реакцияларды анықтады [35].

Ақ ұнтақ пен өсімдіктің өзара әрекеттесуін түсіну, ауруға төзімділікке байланысты кез келген зерттеулер үшін өте маңызды. Бұл міндетті биотрофты қоздырғыш гаустория деп аталатын арнайы инфекциялық құрылымдар және ие өсімдік ішінде әрі қарай колонизациялау арқылы иесінде өзін орнықтыру үшін қарқынды инфекция процестеріне ие. Өсімдіктердегі ұнтақты көгеруге төзімділікке жауапты гендер бар, ал раушан, жүзім және дәнді дақылдарда (бидай және арпа) ұнтақты көгеруге төзімділік туралы мәліметтер бар [36].

Тат ауруы

Тат – жабайы және бақша раушандарының кең таралған ауруы. Аурудың негізгі зияндылығы – өсімдіктердің бұралуы, жапырақтардың, өскін мен бұталардың кебуі, өсу мен дамудың тежелуі. Дүние жүзінде *Phragmidium* тектес тат қоздырғыштарының 10 түрі раушандарда паразиттер әсеріне ұшырайды, олардың ішінде ең көп тарағандары *P. americanum*, *P. fusiforme*, *P. montivagum*, *P. mucronatum*, *P. rosae-pimpinellifoliae*, *P. rosae-rugosae* және *P. tuberculatum*. Бұл түрлер морфологиялық жағынан ұқсас, сондықтан оларды ажырату қиын [37].

Украинада жүргізілген зерттеу бойынша *Phragmidium mucronatum* (Pers), *Phragmidium rosae-pimpinellifoliae* (Rabenh.) Diet., *Phragmidium tuberculatum* J.H.H. Müller [38] даму циклінде келесі морфологиялық құрылымдарға ие: спермогониялар (кішкентай, сарғыш-қоңыр түсті, эпидермис пен кутикула арасында орналасқан) жапырақ бетінде пайда болады (5-сурет).



5-сурет – Тат белгісі бар жапырақтың жоғарғы жағы [23]

Эциалар (гипофильді, қызғылт сары түсті, перидийсіз, бірақ гиалинді парафиздермен), эциоспоралар тізбектерде пайда болады; урединиальды (гипофильді, кішкентай, диаметрі 2 мм-ге дейін) парафиздермен қоршалған, жалғыз урединиоспоралар, сабақта; телия (гипофильді, қара, телиоспоралар) ұзын, эллиптикалық, көп жасушалы, қара қоңыр, жапырақтың төменгі жағында болады [39].

Раушанның өсу кезеңінде патогеннің даму кезеңдері: сәуір-мамыр айларында эциоспоралары бар ашық сары эцийдің сабақтарында түзілуі; қазанайында қызғылт сары урединиоспоралары бар урединия жапырақтарында дамуы; тамыз-қазан айларында жапырақтардың төменгі бетінде телиоспоралары бар қара қоңыр қыстайтын телийлердің пайда болуы. Көктем-жаз мезгілінде Украинаның оңтүстігіне вегетациялық кезеңнің өте құрғақ климаттық жағдайлары таттың дамуын тежейді. Сондықтан тат ауруының алғашқы белгілері қыркүйектің бірінші онкүндігінде таңертеңгі шыққан кейін пайда болады. Қыркүйектің екінші онкүндігінен қазанның үшінші онкүндігіне дейін аурудың жаппай дамуы байқалады, ол хлоротикалық сары дақтармен жабылған жапырақтардың астыңғы жағында бір мезгілде уредо және телиоспорогенез түрінде көрінеді. Мұндай зақымдану жапырақтардың жаппай түсуіне, сондай-ақ жаңа жапырақтардың біртіндеп өсуіне әкеледі. Тат раушан өсімдіктерінің вегетациялық кезеңінің ұзаруына әкеледі, бұл өз кезегінде олардың қолайсыз абиотикалық факторларға, әсіресе төмен температураға төзімділіктің төмендеуіне ықпал етеді [40].

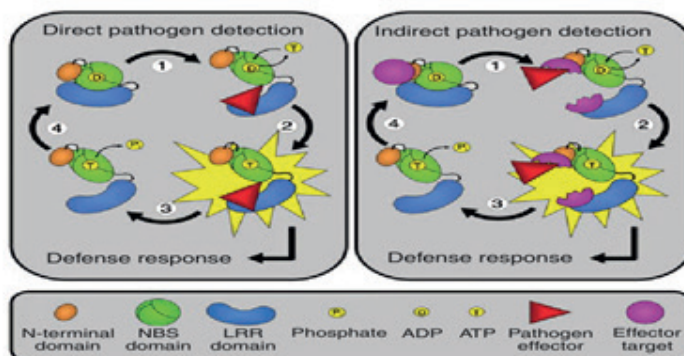
Фитопатогенді ауруларға раушан гүлдеріндегі генетикалық төзімділік механизмі

Раушан сияқты сәндік өсімдіктерде ауруларға төзімділік гендерінің қалыптасуы ұзақ мерзімді үрдіс. Бұл әсіресе раушандар үшін қиын, өйткені коммерциялық мақсатпен өсірілетін раушандар (кесілетін раушандар, құмырадағы, бақша және көгалдандыруға) арналған көптеген түрлер бар және олардың әрқайсысының түсі мен пішініне қойылатын талаптары бар. Осылайша, раушанды кез-келген ауруға төзімді болу үшін жүздеген жаңа сорттар жасау қажет болады [41].

1990 жылдардың басынан бастап генетикалық маркерлерді анықтау жұмыстары белсенді дамып келеді. RFLP, AFLP, SSR, RGA, PK, CAP, SCAR маркерлер сипатталған және басқалары диплоидтар мен тетраплоидтар үшін генетикалық карталар жасау үшін пайдаланылды. Бұл карталарда әртүрлі белгілермен байланысты аймақтар, соның ішінде ауруға төзімділік, сондай-ақ осы төзімділікке жауап беретін гендер көрсетілген [42].

TIR-NBS-LRR (TNL) гендер өсімдік ауруларына төзімділікке жауапты гендерінің бірі. Бұл гендер патогендерді анықтауға және қорғаныс механизмдерін белсендіруде маңызды рөл атқарады, өсімдіктерге зиянды микроорганизмдердің шабуылдарына тиімді жауап беруге көмектеседі. Клондалған 310 астам өсімдік ауруларына төзімділік гендерінің шамамен 61% NLR гендер тобына жатады [43]. Демек, төзімділік гендерінің аналогтары ретінде де белгілі NLR ақуыздары олардың патогендерге әсерін түсіндіру үшін көптеген өсімдіктерде кеңінен зерттелді [44]. Жабық тұқымдылардағы NLR гендерінің филогенетикалық талдауына сәйкес оларды үш кіші санатқа бөлуге болады: TIR-NBS-LRR (TNL), CC-NBS-LRR және RPW8-NBS-LRR [45].

Өсімдік NBS-LRR ақуыздарының ерекшелігінің ең қарапайым түсіндірмесі патогендердің өсімдік NBS-LRR ақуыздары мен патогендік молекулалардың тікелей әрекеттесуі арқылы анықталады. Өсімдіктерге төзімділіктің бірнеше ақуыздары ғана жақсы сипатталғанымен, өсімдіктер патогенді анықтаудың тікелей және жанама механизмдерін қолданатыны туралы дәлелдер бар (6-сурет) [46].



6-сурет – NBS-LRR генінің белсендіру моделі [46]

Мысалы, қара дақ үшін үш ген (Rdr) анықталды, сонымен қатар ішінара төзімділіктің тұқым қуалау схемасы сипатталды. Ақ ұнтақ жағдайында аурудың белгілі бір расасына толық төзімділікті қамтамасыз ететін доминантты ген Rpp1 табылды. Сонымен қатар, зерттеу жұмыстары бойынша

ақ ұнтаққа төзімділікпен байланысты бірнеше учаскелер QTL анықталды [47]. Раушан мен қара дақ ауруының өзара әрекеттесуі өсірілген өсімдік патогендерінің ең көп зерттелген өзара әрекеттесулерінің бірі болып табылады [48]. Бүгінгі күні 11 дейін патогендік расалар әртүрлі авторлармен сипатталған, ие өсімдіктердің әртүрлі жиынтықтары бойынша сараланған және ие өсімдік – патогендікөзара әрекеттесу гистологиялық және биохимиялық әдістермен зерттелген [49].

Өсімдіктердің ауруға төзімділігін анықтайтын зерттеулердің ішінде бірнеше төзімділік гендері (R-гендер) зерттелді. Олардың бірі өсімдікті әртүрлі патогендік изоляттардан, соның ішінде DortE4 изоляттарынан қорғауды қамтамасыз ететін TNL типті ген ретінде анықталды [50].

Қорытынды

Ауруларға төзімділік үш себеп бойынша раушан өсірушілер үшін басты мәселенің біріне айналды:

- 1) көгалдандыруға арналған раушандар тұтынушылар арасында ауруға төзімді өсімдіктер аса жоғары сұранысқа ие;
- 2) жылыжайда немесе учаскеде аурулармен күресу қымбатқа түседі;
- 3) химиялық ластануды азайту және денсаулыққа зиян келтіруін болдырмау үшін зиянды химиялық препараттарды пайдалануды азайту аса маңызды.

Раушан – генетикалық өзгергіштігі жоғары күрделі өсімдік және қазіргі уақытта ол ауруларға төзімділік үшін өсіріледі, өсімдіктерді даладағы жағдайына қарай таңдайды. Бұл процесс ұзақ, өйткені өсімдіктердің ауруларға төзімділігін сенімді бағалау үшін 2-3 жыл қажет. Сондықтан ауруға төзімділікке жауап беретін гендерді оңай бақылауға көмектесетін молекулалық маркерлерді пайдалану өте пайдалы.

Осы уақытқа дейін бірнеше маркерлер белгілі, бірақ олар раушан өсіруде үнемі қолданылмайды. Мыңдаған маркерлерді анықтай алатын генотиптеу әдістерін әзірлеу төзімді сорттарды жасау процесін жылдамдатады.

Бүгінгі күні әртүрлі таксономиялық топтардан көптеген саңырауқұлақ аурулары сипатталған, олар зақымдалған өсімдіктердің өсуі мен дамуына, олардың өніміне, сәндік қасиеттеріне әсер етуі мүмкін. Әртүрлі фитопатогенді аралас инфекциялар әдетте олардың әрқайсысының зиянды әсерін күшейтеді. Саңырауқұлақ аурулары өсімдіктен өсімдікке вегетативті жолмен беріледі; көпшілігі су және тұқым арқылы таралады. Саңырауқұлақтардың көптеген аурулары өте кең ауқымға ие. Әртүрлі тұқымдас өсімдіктерді жұқтыру арқылы олар жел мен судың көмегімен көршілес әртүрлі дақылдардың екпелеріне тез таралады, бұл олардың таралуын бақылауды айтарлықтай қиындатады және тұрақты табиғи инфекция ошақтарының пайда болуына әкелуі мүмкін. Сәндік дақылдардың саңырауқұлақ қоздырғыштарының генетикалық әртүрлілігін, географиялық таралуын және биологиялық қасиеттерін түсіну олардың әрі қарай таралуының алдын алу үшін олардың молекулалық және серологиялық диагностикасының тиімді әдістерін жасауға ықпал етеді.

Авторлардың қосқан үлесі

СЗ: Әдеби деректерді жинаумен және талдаумен, материалды құрылымдаумен, сондай-ақ мақала жазумен және рәсімдеумен айналысты. ММ: Ғылыми дереккөздерді талдауға және іріктеуге, мақаланың мазмұны бойынша кеңес беруге және мәтінді редакциялауға қатысты. ГА: Зерттеу тақырыбы бойынша ақпарат жинауға, материалдар дайындауға және деректерді жинақтауға көмек көрсетті. КА: сараптамалық ұсыныстар беру және мәтінді түпкілікті редакциялаумен айналысқан.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Guoliang, W. (2003). *Ancient Chinese roses*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 387–395.
- 2 Joyaux, F. (2003). *European (Pre-1800)*. In A.V. Roberts, T. Debener, Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 395–402.

- 3 Marriott, M. (2003). *Modern (Post-1800)*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 402–409.
- 4 Zlesak, DC, Whitaker, VM, Hoanson, SC. (2010). Evaluation of roses from the Earth-Kind Trials: Black spot (*Diplocarpon rosae* Wolf) resistance and ploidy. *HortScience*, 45(12), 1779–1787.
- 5 Blom, TJ, Tsujita, MJ. (2003). *Cut rose production*. In A. V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 594–600.
- 6 Pemberton, HB, Kelly, JW, Ferare, J. (2003). *Pot rose production*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 587–593.
- 7 Heinrichs, F. (2008). International statistics flowers and plants AIPH, Union Fleurs. 56.
- 8 Byrne, DH, Pemberton, HB, Holeman, DJ, Debener, T., Waliczek, TM, Palma, MA. (2019). Survey of the rose community: Desired rose traits and research issues. *Acta Horticulturae*, 1232, 189–192. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1232.27.
- 9 Vineland Research and Innovation Centre. (2013). *The innovation report VRIC*.
- 10 *What do Kazakhstan's gift?* (05.08.2022). Committee of State Revenues Ministry of Finance of the Republic of Kazakhstan. <https://www.gov.kz/memleket/entities/kgd/press/news/details/336939?lang=ru>
- 11 Horst, RK, Cloyd, RA. (2007). *Compendium of rose diseases and pests*. The American Phytopathological Society, 2nd ed., 1-83.
- 12 Gahlaut, V., Kumari, P., Jaiswal, V., Kumar, S. (2021). Genetics, genomics and breeding in *Rosa* species. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(5), 545–559. DOI: 10.1080/14620316.2021.1894078.
- 13 Hutton, S. (2012). The future of the rose industry. *American Rose*, 41, 36–37.
- 14 Xu, X., Pettitt, T. (2003). *Downy mildew*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 154–158
- 15 Gleason, ML, Helland, S. (2003). *Botrytis*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 144–148.
- 16 Hert, AP, Jones, JB. (2003). *Crown gall*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 140–144.
- 17 Wang, X., Jacob, Y., Mastrantuong, S., Bazzano, J., Voisin, R., Esmenjaud, D. (2004). Spectrum and inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne hapla* in *Rosa multiflora* and *R. indica*. *Plant Breeding*, 23, 79–83.
- 18 Mekapogu, M., Jung, J-A, Kwon, O-K, Ahn, M-S, Song, H-Y, Jang, S. (2021). Recent progress in enhancing fungal disease resistance in ornamental plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (15), 7956. DOI: 10.3390/ijms22157956.
- 19 Yim, B., Baumann, A., Grunewaldt-Stöcker, G., Liu, B., Beerhues, L., Zühlke, S., Sapp, M., Nesme, J., Sørensen, SJ, Smalla, K., Winkelmann, T. (2020). Rhizosphere microbial communities associated with rose replant disease: Links to plant growth and root metabolites. *Horticulture Research*, 7, 144. DOI: 10.1038/s41438-020-00365-2.
- 20 Debener, T., Byrne, DH. (2014). Disease resistance breeding in rose: Current status and potential of biotechnological tools. *Plant Science*, 228, 107–117. DOI: 10.1016/j.plantsci.2014.04.005
- 21 Baradan, GR, Aminao, MM, Assari, MJ. (2012). Identification of fungal diseases of *Rosa damascena* in Kerman province of Iran. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(8), 1087–1095.
- 22 Gachomo, EW, Dehne, HW, Steiner, U. (2006). Microscopic evidence for the hemibiotrophic nature of *Diplocarpon rosae*, cause of black spot disease of rose. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 69, 86–92.
- 23 Windham, MT, Evans, T., Collins, S., Lake, JA, Lau, J., Riera-Lizarazu, O., Byrne, DH. (2023). Field resistance to rose rosette disease as determined by multi-year evaluations in Tennessee and Delaware. *Pathogens*, 12 (3), 439. DOI: 10.3390/pathogens12030439.
- 24 Shalini, M., Jayasekhar, KG, Sabarinathan, R., Akila, Kannan, R. (2020). Antifungal activity of new bacterial biocontrol agents against *Diplocarpon rosae* causing black spot disease of rose. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(5), 3124–3133. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.905.370.

- 25 Whitaker, VM, Hokanson, SC. (2009). Partial resistance to black spot disease in diploid and tetraploid roses: General combining ability and implications for breeding and selection. *Euphytica*, 169, 421-429.
- 26 Kono, A., Kawabata, A., Yamazaki, A., Ohkubo, Y., Sofu, A., Hosokawa, M. (2023). Control of black spot disease by ultraviolet-B irradiation in rose (*Rosa* × *hybrida*) production. *The Horticulture Journal*, 92 (1), 88–96. DOI: 10.2503/hortj.QH-037.
- 27 Lühmann, A-K, Linde, M., Debener, T. (2010). Genetic diversity of *Diplocarpon rosae*: Implications on practical breeding. *Acta Horticulturae*, 87, 157–162.
- 28 Yeluguri, S., Prakash, T., Sriram, S., Kempaiah, SG, Venkat, D., Upreti, KK, Mythili, JB. (2023). Screening of rose genotypes in field and in vivo for resistance against black spot caused by *Diplocarpon rosae*. *Indian Phytopathology*, 76, 281–288.
- 29 Jennings, C., Simmons, T., Parajuli, M., Liyanage, KHE., Baysal-Gurel, F. (2024). Effect of fungicides and application intervals for the control of black spot of roses. *HortScience*, 59(5), 673–677.
- 30 Li, Y., Pu, M., Cui, Y., Gu, J., Chen, X., Wang, L., Wu, H., Yang, Y., Wang, C. (2023). Research on the isolation and identification of black spot disease of *Rosa chinensis* in Kunming, China. *Scientific Reports*, 13, 8299. DOI: 10.1038/s41598-023-35295-1.
- 31 Chandran, NK, Sriram, S., Prakash, T., Budhwar, R. (2021). Transcriptome changes in resistant and susceptible rose in response to powdery mildew. *Journal of Phytopathology*. DOI: 10.1111/jph.13028.
- 32 Zhao, Y., Xiong, Z., Wu, G., Bai, W., Zhu, Z., Gao, Y., Parmar, S., Sharma, V. K., Li, H. (2018). Fungal endophytic communities of two wild *Rosa* varieties with different powdery mildew susceptibilities. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2462. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02462.
- 33 Zhang, C., Li, J., Su, Y., Wu, X. (2022). Association of physcion and chitosan can efficiently control powdery mildew in *Rosa roxburghii*. *Antibiotics*, 11(11), 1661. DOI: 10.3390/antibiotics11111661.
- 34 Bender, CL, Coyier, DL. (1984). Pathogenic variation in Oregon populations of *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*. *Plant Disease*, 70, 383–385.
- 35 Zhang, Y., Dong, W., Zhao, C., Ma, H. (2022). Comparative transcriptome analysis of resistant and susceptible Kentucky bluegrass varieties in response to powdery mildew infection. *BMC Plant Biology*, 22, 1–10. DOI: 10.1186/s12870-022-03883-4.
- 36 Chandran, NK, Sriram, S., Prakash, T., Budhwar, R. (2021). Transcriptome changes in resistant and susceptible rose in response to powdery mildew. *Journal of Phytopathology*, 169, 556–569. DOI: 10.1111/jph.13028.
- 37 Leus, L., Van Huylbroeck, J., Rys, F., Dewitte, A., Van Bockstaele, E., Hofte, M. (2007). Applied powdery mildew resistance breeding in roses. *Acta Horticulturae*, 751, 275–284.
- 38 Heim, RHJ, Wright, IJ, Allen, AP, Geedicke, I., Oldeland, J. (2019). Developing a spectral disease index for myrtle rust (*Austropuccinia psidii*). *Plant Pathology*, 68, 738–745.
- 39 Beenken, L. (2017). *Austropuccinia*: A new genus name for the myrtle rust *Puccinia psidii* placed within the redefined family Sphaerophragmiaceae (Pucciniales). *Phytotaxa*, 297, 53–61.
- 40 Rajbongshi, A., Sarker, T., Ahamad, MM, Rahman, MM. (2020). Rose diseases recognition using MobileNet. In 2020 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) Istanbul, Turkey. 1–7. DOI: 10.1109/ISMSIT50672.2020.9254420.
- 41 Kourelis, J., van der Hoorn, RAL. (2018). Defended to the nines: 25 years of resistance gene cloning identifies nine mechanisms for R protein function. *Plant Cell*, 30, 285–299.
- 42 Byrne, DH. (2009). Rose structural genomics. In K. Folta S. Gardiner (Eds.), *Genetics and Genomics of Rosaceae*. Springer, 353–379.
- 43 Kourelis, J., van der Hoorn, RAL. (2018). Defended to the nines: 25 years of resistance gene cloning identifies nine mechanisms for R protein function. *Plant Cell*, 30, 285–299.
- 44 Dubey, N., Singh, K. (2018). Role of NBS-LRR proteins in plant defense. In *Molecular Aspects of Plant – Pathogen Interaction* Springer, 5, 115–138.
- 45 Song, J., Chen, F., Lv, B., Guo, C., Yang, J., Huang, L., Guo, J., Xiang, F. (2023). Genome-wide identification and expression analysis of the TIR-NBS-LRR gene family and its response to fungal disease in rose (*Rosa chinensis*). *Biology*, 12, 426. DOI: 10.3390/biology12030426.

- 46 DeYoung, BJ, Innes, RW. (2006). Plant NBS-LRR proteins in pathogen sensing and host defense. *Nature Immunology*, 7(12), 1243–1249. DOI: 10.1038/ni1410.
- 47 Gar, O., Sargent, DJ, Tsai, C-J, Pleban, T., Shalev, G., Byrne, DH, Zamir, D. (2011). An autotetraploid linkage map of rose (*Rosa hybrida*) validated using the strawberry (*Fragaria vesca*) genome sequence. *PLoS ONE*, 6(5), e20463. DOI: 10.1371/journal.pone.0020463.
- 48 Debener, T., Byrne, DH. (2014). Disease resistance breeding in rose: Current status and potential of biotechnological tools. *Plant Science*, 228, 107–117. DOI: 10.1016/j.plantsci.2014.04.005.
- 49 Gachomo, EW, Seufferheld, MJ, Kotchoni, SO. (2010). *Melanization of appressoria is critical for the pathogenicity of Diplocarpon rosae*. *Molecular Biology Reports*, 37, 3583–3591. DOI: 10.1007/s11033-010-0007-4.
- 50 Menz, I., Straube, J., Linde, M., Debener, T. (2017). The TNL gene Rdr1 confers broad-spectrum resistance to *Diplocarpon rosae*. *Molecular Plant Pathology*.

References

- 1 Guoliang, W. (2003). *Ancient Chinese roses*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 387–395.
- 2 Joyaux, F. (2003). *European (Pre-1800)*. In A.V. Roberts, T. Debener, Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 395–402.
- 3 Marriott, M. (2003). *Modern (Post-1800)*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 402–409.
- 4 Zlesak, DC, Whitaker, VM, Hoanson, SC. (2010). Evaluation of roses from the Earth-Kind Trials: Black spot (*Diplocarpon rosae* Wolf) resistance and ploidy. *HortScience*, 45(12), 1779–1787.
- 5 Blom, TJ, Tsujita, MJ. (2003). *Cut rose production*. In A. V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 594–600.
- 6 Pemberton, HB, Kelly, JW, Ferare, J. (2003). *Pot rose production*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 587–593.
- 7 Heinrichs, F. (2008). *International statistics flowers and plants AIPH, Union Fleurs*. 56.
- 8 Byrne, DH, Pemberton, HB, Holeman, DJ, Debener, T., Waliczek, TM, Palma, MA. (2019). Survey of the rose community: Desired rose traits and research issues. *Acta Horticulturae*, 1232, 189–192. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1232.27.
- 9 Vineland Research and Innovation Centre. (2013). *The innovation report VRIC*.
- 10 *What do Kazakhstani's gift?* (05.08.2022). Committee of State Revenues Ministry of Finance of the Republic of Kazakhstan. <https://www.gov.kz/memleket/entities/kgd/press/news/details/336939?lang=ru>
- 11 Horst, RK, Cloyd, RA. (2007). *Compendium of rose diseases and pests*. The American Phytopathological Society, 2nd ed., 1-83.
- 12 Gahlaut, V., Kumari, P., Jaiswal, V., Kumar, S. (2021). Genetics, genomics and breeding in *Rosa* species. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(5), 545–559. DOI: 10.1080/14620316.2021.1894078.
- 13 Hutton, S. (2012). The future of the rose industry. *American Rose*, 41, 36–37.
- 14 Xu, X., Pettitt, T. (2003). *Downy mildew*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 154–158
- 15 Gleason, ML, Helland, S. (2003). *Botrytis*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 144–148.
- 16 Hert, AP, Jones, JB. (2003). *Crown gall*. In A.V. Roberts, T. Debener, S. Gudin (Eds.), *Encyclopedia of rose science*. Elsevier Academic Press. 140–144.
- 17 Wang, X., Jacob, Y., Mastrantuong, S., Bazzano, J., Voisin, R., Esmenjaud, D. (2004). Spectrum and inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne hapla* in *Rosa multiflora* and *R. indica*. *Plant Breeding*, 23, 79–83.
- 18 Mekapogu, M., Jung, J-A, Kwon, O-K, Ahn, M-S, Song, H-Y, Jang, S. (2021). Recent progress in enhancing fungal disease resistance in ornamental plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (15), 7956. DOI: 10.3390/ijms22157956.

- 19 Yim, B., Baumann, A., Grunewaldt-Stöcker, G., Liu, B., Beerhues, L., Zühlke, S., Sapp, M., Nesme, J., Sørensen, SJ, Smalla, K., Winkelmann, T. (2020). Rhizosphere microbial communities associated with rose replant disease: Links to plant growth and root metabolites. *Horticulture Research*, 7, 144. DOI: 10.1038/s41438-020-00365-2.
- 20 Debener, T., Byrne, DH. (2014). Disease resistance breeding in rose: Current status and potential of biotechnological tools. *Plant Science*, 228, 107–117. DOI: 10.1016/j.plantsci.2014.04.005
- 21 Baradan, GR, Aminaoo, MM, Assari, MJ. (2012). Identification of fungal diseases of *Rosa damascena* in Kerman province of Iran. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(8), 1087–1095.
- 22 Gachomo, EW, Dehne, HW, Steiner, U. (2006). Microscopic evidence for the hemibiotrophic nature of *Diplocarpon rosae*, cause of black spot disease of rose. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 69, 86–92.
- 23 Windham, MT, Evans, T., Collins, S., Lake, JA, Lau, J., Riera-Lizarazu, O., Byrne, DH. (2023). Field resistance to rose rosette disease as determined by multi-year evaluations in Tennessee and Delaware. *Pathogens*, 12 (3), 439. DOI: 10.3390/pathogens12030439.
- 24 Shalini, M., Jayasekhar, KG, Sabarinathan, R., Akila, Kannan, R. (2020). Antifungal activity of new bacterial biocontrol agents against *Diplocarpon rosae* causing black spot disease of rose. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(5), 3124–3133. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.905.370.
- 25 Whitaker, VM, Hokanson, SC. (2009). Partial resistance to black spot disease in diploid and tetraploid roses: General combining ability and implications for breeding and selection. *Euphytica*, 169, 421–429.
- 26 Kono, A., Kawabata, A., Yamazaki, A., Ohkubo, Y., Sofo, A., Hosokawa, M. (2023). Control of black spot disease by ultraviolet-B irradiation in rose (*Rosa* × *hybrida*) production. *The Horticulture Journal*, 92 (1), 88–96. DOI: 10.2503/hortj.QH-037.
- 27 Lühmann, A-K, Linde, M., Debener, T. (2010). Genetic diversity of *Diplocarpon rosae*: Implications on practical breeding. *Acta Horticulturae*, 87, 157–162.
- 28 Yeluguri, S., Prakash, T., Sriram, S., Kempaiah, SG, Venkat, D., Upreti, KK, Mythili, JB. (2023). Screening of rose genotypes in field and in vivo for resistance against black spot caused by *Diplocarpon rosae*. *Indian Phytopathology*, 76, 281–288.
- 29 Jennings, C., Simmons, T., Parajuli, M., Liyanage, KHE., Baysal-Gurel, F. (2024). Effect of fungicides and application intervals for the control of black spot of roses. *HortScience*, 59(5), 673–677.
- 30 Li, Y., Pu, M., Cui, Y., Gu, J., Chen, X., Wang, L., Wu, H., Yang, Y., Wang, C. (2023). Research on the isolation and identification of black spot disease of *Rosa chinensis* in Kunming, China. *Scientific Reports*, 13, 8299. DOI: 10.1038/s41598-023-35295-1.
- 31 Chandran, NK, Sriram, S., Prakash, T., Budhwar, R. (2021). Transcriptome changes in resistant and susceptible rose in response to powdery mildew. *Journal of Phytopathology*. DOI: 10.1111/jph.13028.
- 32 Zhao, Y., Xiong, Z., Wu, G., Bai, W., Zhu, Z., Gao, Y., Parmar, S., Sharma, V. K., Li, H. (2018). Fungal endophytic communities of two wild *Rosa* varieties with different powdery mildew susceptibilities. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2462. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02462.
- 33 Zhang, C., Li, J., Su, Y., Wu, X. (2022). Association of physcion and chitosan can efficiently control powdery mildew in *Rosa roxburghii*. *Antibiotics*, 11(11), 1661. DOI: 10.3390/antibiotics11111661.
- 34 Bender, CL, Coyier, DL. (1984). Pathogenic variation in Oregon populations of *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*. *Plant Disease*, 70, 383–385.
- 35 Zhang, Y., Dong, W., Zhao, C., Ma, H. (2022). Comparative transcriptome analysis of resistant and susceptible Kentucky bluegrass varieties in response to powdery mildew infection. *BMC Plant Biology*, 22, 1–10. DOI: 10.1186/s12870-022-03883-4.
- 36 Chandran, NK, Sriram, S., Prakash, T., Budhwar, R. (2021). Transcriptome changes in resistant and susceptible rose in response to powdery mildew. *Journal of Phytopathology*, 169, 556–569. DOI: 10.1111/jph.13028.

- 37 Leus, L., Van Huylbroeck, J., Rys, F., Dewitte, A., Van Bockstaele, E., Hofte, M. (2007). Applied powdery mildew resistance breeding in roses. *Acta Horticulturae*, 751, 275–284.
- 38 Heim, RHJ, Wright, IJ, Allen, AP, Geedicke, I., Oldeland, J. (2019). Developing a spectral disease index for myrtle rust (*Austropuccinia psidii*). *Plant Pathology*, 68, 738–745.
- 39 Beenken, L. (2017). *Austropuccinia*: A new genus name for the myrtle rust *Puccinia psidii* placed within the redefined family Sphaerophragmiaceae (Pucciniales). *Phytotaxa*, 297, 53–61.
- 40 Rajbongshi, A., Sarker, T., Ahamad, MM, Rahman, MM. (2020). Rose diseases recognition using MobileNet. In 2020 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) Istanbul, Turkey. 1–7. DOI: 10.1109/ISMSIT50672.2020.9254420.
- 41 Kourelis, J., van der Hoorn, RAL. (2018). Defended to the nines: 25 years of resistance gene cloning identifies nine mechanisms for R protein function. *Plant Cell*, 30, 285–299.
- 42 Byrne, DH. (2009). Rose structural genomics. In K. Folta S. Gardiner (Eds.), *Genetics and Genomics of Rosaceae*. Springer, 353–379.
- 43 Kourelis, J., van der Hoorn, RAL. (2018). Defended to the nines: 25 years of resistance gene cloning identifies nine mechanisms for R protein function. *Plant Cell*, 30, 285–299.
- 44 Dubey, N., Singh, K. (2018). Role of NBS-LRR proteins in plant defense. In *Molecular Aspects of Plant – Pathogen Interaction*. Springer, 5, 115–138.
- 45 Song, J., Chen, F., Lv, B., Guo, C., Yang, J., Huang, L., Guo, J., Xiang, F. (2023). Genome-wide identification and expression analysis of the TIR-NBS-LRR gene family and its response to fungal disease in rose (*Rosa chinensis*). *Biology*, 12, 426. DOI: 10.3390/biology12030426.
- 46 DeYoung, BJ, Innes, RW. (2006). Plant NBS-LRR proteins in pathogen sensing and host defense. *Nature Immunology*, 7(12), 1243–1249. DOI: 10.1038/ni1410.
- 47 Gar, O., Sargent, DJ, Tsai, C-J, Pleban, T., Shalev, G., Byrne, DH, Zamir, D. (2011). An autotetraploid linkage map of rose (*Rosa hybrida*) validated using the strawberry (*Fragaria vesca*) genome sequence. *PLoS ONE*, 6(5), e20463. DOI: 10.1371/journal.pone.0020463.
- 48 Debener, T., Byrne, DH. (2014). Disease resistance breeding in rose: Current status and potential of biotechnological tools. *Plant Science*, 228, 107–117. DOI: 10.1016/j.plantsci.2014.04.005.
- 49 Gachomo, EW, Seufferheld, MJ, Kotchoni, SO. (2010). Melanization of appressoria is critical for the pathogenicity of *Diplocarpon rosae*. *Molecular Biology Reports*, 37, 3583–3591. DOI: 10.1007/s11033-010-0007-4.
- 50 Menz, I., Straube, J., Linde, M., Debener, T. (2017). The TNL gene *Rdr1* confers broad-spectrum resistance to *Diplocarpon rosae*. *Molecular Plant Pathology*.

Болезни кустовых роз и их генетическая устойчивость к грибковым заболеваниям

Сабитова З.Д., Мырзабаева М.Т., Гаджимурадова А.М., Куровский А.В.

Аннотация

Декоративные растения выращивают в городских ландшафтах для озеленения и коммерческих целей. Они высоко ценятся за свои эстетические качества и составляют важную часть мировой садоводческой промышленности. Под воздействием возбудителей различных фитопатогенных микроорганизмов декоративные растения теряют свою ценность, снижают качество посадочного материала и наносят большой экономический ущерб. Среди них розы – самое популярное декоративное растение. В последние годы значительный рост рынка декоративных растений способствовал распространению грибковых возбудителей. Поэтому систематизация данных о разнообразии фитопатогенов этих растений является актуальной исследовательской задачей. В данном обзоре мы описали многообразие этих возбудителей и их неблагоприятное воздействие на упомянутые выше декоративные растения.

Ключевые слова: мучнистая роса; роза; ржавчинный гриб; черная пятнистость.

Diseases of shrub roses and their genetic resistance to fungal diseases

Zeinegul D. Sabitova, Malika T. Myrzabaeva, Aissarat M. Gadzhimuradova,
Alexander V. Kurovskiy

Abstract

Ornamental plants are cultivated in urban landscapes for greening purposes and commercial use. They are highly valued for their aesthetic qualities and constitute an important part of the global horticulture industry. Under the influence of various phytopathogenic microorganisms, ornamental plants lose their value, reduce the quality of planting material, and cause significant economic damage. Among these, roses are the most popular ornamental plants. In recent years, the significant growth of the ornamental plant market has contributed to the spread of fungal pathogens. Therefore, the systematization of data on the diversity of pathogens affecting these plants is an important research task. In this review, we describe the diversity of these pathogens and their adverse effects on the ornamental plants.

Keywords: powdery mildew; rose; rust fungus; black spot.