

ШОЛУ МАҚАЛАСЫ
REVIEW ARTICLE
ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

FTAMP: 34.35.17; 68.37.31; 87.27.05

<https://doi.org/10.26577/EJE202584315>

В.А. Кузовлев  Г.А. Искакова* , Г.А. Жармухамедова ,
Ж.К. Джуманова , А.А. Хакимжанов , А.М. Мендеш ,
Д.О. Байсапарова , О. Русланұлы , Г.А. Исмагулова 

М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты, Алматы, Қазақстан
*e-mail: g.iskakova83@gmail.com

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АЛМА АҒАШТАРЫНЫҢ
БАКТЕРИЯЛЫҚ КҮЙІГІ

Бактериялық күйік – *Rosaceae* тұқымдасының сәндік және жеміс-жидек дақылдарының, соның ішінде алманың (*Malus* spp.) ең қауіпті карантиндік ауруларының бірі. Бұл ауруды Еуразиялық экономикалық одақтың карантиндік объектілердің бірыңғай тізіміне енгізілген *Erwinia amylovora* грамтеріс бактериясы тудырады. Бактериялық күйік әлемнің 60-қа жуық елінде анықталған. Бұл ауру Қазақстанға да таралды. Ол өнімділіктің айтарлықтай төмендеуіне, сондай-ақ питомниктердегі, бау-бақшалардағы және шаруашылықтардағы жеміс ағаштарының қатты зақымдалуына немесе өліміне әкеледі. Бүкіл әлемде бактериялық күйік орасан зор экономикалық шығындар әкелуде. Бұл шолуда Қазақстан аумағында алма ағаштарының бактериялық күйігін анықтаудағы жасалынған зерттеулер талданды. Алманың *Malus sieversii* эндемикалық түрлерінің жұқтыру қаупін анықтау бойынша мониторингтік зерттеулер талданды. Осы ауруға төзімді алманың өртүрлі сорттарын генотиптеу жұмыстары қарастырылды. Қазақстандық ғалымдардың бактериялық күйікпен күресуге ұсынған шараларына шолу жүргізілді. Барлық зерттеу нәтижелерінің Қазақстан үшін орасан зор экономикалық және экологиялық маңызы бар.

Түйін сөздер: бактериялық күйік, *Erwinia amylovora*, алма *Malus* spp., күресу шаралары.

V.A. Kuzovlev, G.A. Iskakova*, G.A. Zharmukhamedova, Z.K. Jumanova,
A.A. Khakimzhanov, A.M. Mendesh, D.O. Baisaparova,
O. Ruslanuly, G.A. Ismagulova

M.A. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: g.iskakova83@gmail.com

Apple tree fire blight in Kazakhstan

Fire blight is one of the most dangerous quarantine diseases of ornamental and fruit crops of the *Rosaceae* family, including the apple tree (*Malus* spp.). The disease is caused by the gram-negative bacterium *Erwinia amylovora*, which is included in the unified list of quarantine objects of the Eurasian Economic Union. Fire blight has been identified in nearly 60 countries worldwide. This disease has also been detected in Kazakhstan. This disease causes a significant reduction in yield, as well as serious damage or death of fruit trees in nurseries, orchards and farms. Fire blight causes enormous economic damage worldwide. This review analyzes studies on the identification of foci of fire blight of apple trees in Kazakhstan. Monitoring studies have been analyzed to identify threats of infection of endemic apple tree species *Malus sieversii*. The work on the genotyping of various varieties of apple trees for resistance to this disease is reviewed. The review analyzes various measures to combat fire blight proposed by Kazakhstan researchers. All the research results are of great economic and environmental importance for Kazakhstan.

Keywords: fire blight, *Erwinia amylovora*, apple tree *Malus* spp., control measures.

В.А. Кузовлев, Г.А. Искакова*, Г.А. Жармухамедова, Ж.К. Джуманова,
А.А. Хакимжанов, А.М. Меңдеш, Д.О. Байсапарова,
О. Русланұлы, Г.А. Исмагулова

Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина, Алматы, Казахстан
*e-mail: g.iskakova83@gmail.com

Бактериальный ожог яблони в Казахстане

Бактериальный ожог является одним из наиболее опасных карантинных заболеваний декоративных и плодовых культур семейства *Rosaceae*, включая яблоню (*Malus* spp.). Заболевание вызывается грамотрицательной бактерией *Erwinia amylovora*, внесенную в единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза. Бактериальный ожог выявлен почти в 60 странах мира. Это заболевание обнаружено также и на территории Казахстана. Данное заболевание вызывает значительное снижение урожая, а также – серьезное поражение или гибель плодовых деревьев в питомниках, садах и фермерских хозяйствах. Бактериальный ожог наносит огромный экономический ущерб по всему миру. В настоящем обзоре проведен анализ исследований по выявлению очагов поражения бактериальным ожогом яблони на территории Казахстана. Проанализированы мониторинговые исследования по выявлению угроз заражения эндемичных видов яблони *Malus sieversii*. Рассмотрены работы по генотипированию различных сортов яблони на устойчивость к этому заболеванию. В обзоре проанализированы различные меры борьбы с бактериальным ожогом, предложенные казахстанскими исследователями. Все результаты исследований имеют огромное экономическое и большое природоохранное значение для Казахстана.

Ключевые слова: бактериальный ожог, *Erwinia amylovora*, яблоня *Malus* spp., меры борьбы.

Кіріспе

1780 жылы Нью-Йорк штатында ауру алма, алмұрт және айва ағаштарын зерттеу арқылы Америка Құрама Штаттарында раушангүлділер тұқымдасының дәнді дақылдарының қауіпті ауруы туралы алғашқы баспа баяндамасы 1793 жылы пайда болды. Бұл жұмбақ ауру 1840 жылы Канаданың оңтүстігінде де пайда болды. 1880 жылы американдық ғалым Т.Дж. Берилл бастапқыда алмұрт ауруын саңырауқұлақ ауруы деп есептеген, бірақ кейін зерттеулер жүргізу арқылы оның бактерия екенін анықтап дәлелдеді. Кейіннен бірқатар зерттеушілер оған өртүрлі атаулар беріп және олардың ішінде ең қолайлысы *Erwinia amylovora* (Burill.) Winslow et al. [1]. Біртіндеп ауру бүкіл әлемге тарай бастады. Ауру алғаш рет 1919 жылы Жаңа Зеландияда, кейін 1943 жылы Мексикада, 1959 жылы Чилиде, 1962 жылы Египетте және басқа елдерде пайда бола бастады. Ол дүние жүзінің 50-ге жуық елінде таралып, айтарлықтай экономикалық зиян келтірді [1]. Бактериялық күйік Балтық жағалауы елдерінде, Кавказда, Ресейде, Белоруссияда, Украинада, Молдовада, сондай-ақ Орталық Азия республикаларында – Өзбекстан, Қазақстан, Қырғызстанда да табылған [2, 3, 4, 5, 6]. Жеміс-жидек дақылдарының бактериялық күйігі ең зиянды жұқпалы аурулардың бірі болып табылады. Ол бір жылдық өніміне айтарлықтай зиян келтіріп қана қоймай, келесі жылы да ағаштар-

дың өнімділігін күрт төмендетеді. Бактериялық күйік алманың, алмұрттың және 180-ден астам басқа өсімдіктердің, негізінен Раушангүлділер тұқымдасының (*Rosaceae*) ең зиянды ауруларының бірі болып табылады [7].

E. amylovora фитосанитариялық заңнамаға бағынатын Еуропалық Одақта карантиндік организм ретінде каталогқа енгізілген [8], сонымен қатар Molecular Plant Pathology журналында жарияланған 10 үздік фитопатогенді бактериялардың қатарына енді [9]. *Erwinia amylovora* – Enterobacteriaceae-*Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. тұқымдасының грам теріс бактериясы. *E. amylovora* өсудің оңтайлы температурасы 26-28 °C, ең төменгісі 6-8 °C, ал 43-50 °C температурада олар өледі. Көктемде бактериялар белсенді болып, қарқынды түрде көбейе бастайды. Бұған ауаның жоғары ылғалдылығы және 18-20°C жоғары температура ықпал етеді. Бактериялардың көбеюі нәтижесінде ауру өсімдіктердің бетіне ұсақ тамшылар немесе көрінбейтін жұқа қабық сияқты экссудат пайда болады және бұл қоздырғыш жаңбыр тамшыларымен, желмен, сондай-ақ құмырсқалар, аралар, соналар, шыбындар, біте және басқа да шыбын-шіркейлер, құстар және адам арқылы басқа гүлдерге, жапырақтарға және біржылдық өсімдіктерге тарайды. Аурудың бірнеше түрі бар: жемістердің, жас өркендердің және гүлдердің күйігі. Қоздырғыштың үлкен эпифиттік популяциясы жас гүлдердің аналық аузында дамып,

жас түйіндерді инфекциялап, сол арқылы өсімдіктерге оңай еніп, оның барлық мүшелеріне таралады. Бактериялар бастапқыда паренхиманың жасушааралық кеңістіктері арқылы, ал кейінгі кезеңде – қолайлы климаттық жағдайларда ксилема тамырлары арқылы қозғалып үлкен зиян келтіреді. Зақымданған жас өскіндер қурап, төбесі майысып, гүлдері мен жапырақтары қоңыр немесе қара түске боялып бұтақтарда ұзақ тұспей тұрады [10, 11]. Аурудың белгілері ағаштардың басында пайда бола бастайды, содан кейін үлкен бұтақтарға ауысып, кейіннен өсімдіктің діңіне, тіпті тамырына таралып, кейде бүкіл ағаштың толық өлуіне әкеледі [12].

***E. amylovora* веруленттік факторы**

E. amylovora алма-иесін негізінен гүлдер немесе өркен ұшындағы жапырақтар арқылы, сондай-ақ өсімдіктердің қабығындағы жаралар арқылы жұғады. Инфекциялау үшін үш негізгі патогендік фактор қажет: III типті секреция жүйесі (T3SS), амиловоран экзополисахариді (EPS) және биоқабықша түзілуі [13].

III типті секреция жүйесі (T3SS) *E. amylovora* өз иелерін сәтті жұқтыру үшін пайдаланатын маңызды вирулентті факторлардың бірі болып табылады [12, 14]. Басқа грам-теріс фитопатогенді бактериялар сияқты, *E. amylovora* бұл секрецияның эволюцияланған консервативті жүйені қожайын-өсімдіктің цитозоль жасушаларына эффекторлық белоктарды экспорттау және жеткізу үшін пайдаланады. *E. amylovora*-ның геномдық және секретомдық талдау арқылы бұл бактерияның кем дегенде бес эффекторды [DspA/E, Eop1, Eop3, Eop4 (AvrRpt2Ea) және HrpPtoCEa], екі гарпинді (HrpN және HrpW) және Eop2, HrpJ және HrpK сияқты басқа ақуыздарды бөлетінін анықтады [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]. III типті эффекторлар мен гарпиндер қожайын-жасуша цитоплазмасына тікелей енгізілетін және құрылымдық және биохимиялық деңгейде қожайын-өсімдіктердің қорғаныс функцияларын басатын бактериялық ақуыздар ретінде анықталады. Гарпиндер – III типті секреция жүйесі арқылы бөлінетін, глицинге бай, ыстыққа тұрақты белоктар. Бұл ақуыздар өсімдік жасушаларының ішінде әрекет ететін бактериялық эффекторлық ақуыздардан айырмашылығы – ең алдымен өсімдік ұлпаларының жасушадан тыс кеңістігіне бағытталуында [22, 23].

Экзополисахаридтер (ЭПС) *E. amylovora*-ның маңызды вируленттілік факторы болып

табылады, ол өсімдіктердің қорғаныс жүйесін айналып өтуде, өсімдіктің тамыр жүйесін бұзып бітеуіне, құрғақ жағдайларда бактерияларды су мен қоректік заттардың жоғалуынан қорғауда шешуші рөл атқарады [12]. Амиловоран – биоқабықша түзуге қажетті негізгі фактор, ал леван – оған себепші болатын фактор. Амиловоран – глюкозаның, галактозаның, глюкурон қышқылының және пируват субстраттарының қайталанатын суббірліктерінен тұратын гетерополимер, ал леван – сахарозаның ыдырауынан түзілетін фруктоза қалдықтарынан тұратын гомополимер [24]. *E. amylovora* жеке штаммдары өндіретін амиловоран мөлшері вируленттілік дәрежесіне сәйкес келеді.

Буферлік жүйе ретінде биоқабыршақ жекеленген бактериялық жасушаларды қоршаған ортаның ауытқуынан қорғайды. Сонымен қатар биоқабыршақ жеделдетілген көлденең генетикалық алмасуды қамтамасыз етеді және биоқабықшақтағы бактериялар антибиотиктерден де, қожайынның қорғанысынан да қорғалады [21]. Сырттай қарағанда биоқабыршақтар өсімдіктің зақымдалған бөліктерінің бетінде шырышқа, сондай-ақ саңырауқұлақ тәрізді түзілімдерге ұқсайды.

E. amylovora патогенезіне ықпал ететін басқа вирулентті факторларға десферриоксамин (DFO) [25] және сорбитол мен сахарозаны пайдалану факторлары жатады [26, 27]. Патогенділік пен вируленттілік факторларының негізгі реттеушілеріне екі компонентті сигнал беру жүйелері, циклдік ди-ГМФ (ц-ди-ГМФ) екінші хабаршы молекуласы және шағын кодталмаған РНҚ (мРНҚ) жатады [28, 29]. Патогенез кезінде *E. amylovora* DFO өндірісі темірді алу үшін ғана маңызды емес. Жоғары темір алу жүйелері патогендік бактериялардың факторлары болып табылады. *E. amylovora* тиімді амиловоран өндіру үшін сорбит және сахароза қажет. Циклдық ди-GMP (ц-ди-ГМФ) – биоқабықша түзілуін, қозғалғыштығын және вируленттілігін қоса алғанда, әртүрлі жасушалық процестерді реттейтін белгілі дерлік жасушаішілік сигнал беру молекуласы. Бактериялар реттеуші шағын РНҚ (мРНҚ) пайдалану арқылы қоршаған ортаның өзгеруіне жылдам реакция береді.

Сонымен, *E. amylovora* алма, алмұрт, қара өрік, шие алхоры сияқты жеміс дақылдарын және басқа да раушангүлділерді зақымдауына көптеген факторларға байланысты және өте күрделі үдерістен өтеді.

Қазақстан аумағында бактериялық күйіктің таралуы

Қазақстанда алғаш рет бактериялық күйік 2008 жылы тіркеліп, 2010 жылға қарай Алматының бірнеше ауданындағы жеміс-жидек аймағының алма және алмұрт бақтарына айтарлықтай зиян келтіре бастады [30]. Бұл аурудың таралу деңгейі өте жоғары. Мысалы, Алматы облысында 2012 жылы 27 гектар алма бағы бактериялық күйіктен зардап шексе, ал 2015 жылда зардап шеккен аумақ 687,8 гектарды құрады. Оңтүстік Қазақстан және Жамбыл облыстарында 2012 жылы бұл ауру анықталмаса, ал кейін 2015 жылы 5,3 және 103,7 га аумақта ауру анықталды [31]. Осы ұсынылған мәліметтер бойынша бактериялық күйіктің таралу қарқыны жыл сайын жоғары екені көрінеді. Әсіресе Алматы облысында. Кейбір шаруа қожалықтарының алма бақтарында зақымданған ағаштардың үлесі 50-60% жеткен және оның даму дәрежесі жоғары.

Тянь-Шань өңірінде *M.sieversii*-нің таралу аймағы мен генофондының қысқаруы, Қазақстанның жабайы жеміс-жидек ормандарында бактериялық күйік қоздырғышын дер кезінде анықтау және сәйкестендіру ғылыми-стратегиялық маңызы ерекше. Жабайы алма ағаштары мен олардың будандары биотикалық және абиотикалық күйзелістерге генетикалық төзімділік көзі ретінде бағаланады. Алматы облысының шаруашылықтарындағы көпжылдық жеміс екпелеріне, сондай-ақ Сиверс алмасының (*Malus sieversii*) жабайы жеміс ормандарына мониторинг жүргізілді [32, 33, 34, 35]. Жабайы ормандарда таяу болашақта бактериялық күйіктің ошақтары пайда болу қаупі дәлелденді, өйткені бұл аурудың ошақтары дүниежүзілік мұра болып табылатын жабайы Сиверс алмасының табиғи ормандарынан небәрі бірнеше шақырым жерде орналасқан Жетісу облысының Сарқанд ауданында анықталған. Зерттеу барысында алынған нәтижелер бойынша қазіргі уақытта Алматы облысының жабайы жеміс-жидек ормандарының зерттелген учаскелерінде бактериялық күйік ошағы анықталмағаны анықталды. Бірақ мұны Қазақстандағы *M. sieversii*-дің бактериялық күйікпен жұқтырмағанының дәлелі ретінде қарастыруға болмайды, сондықтан тұрақты мониторингтік зерттеулер қажет.

Сиверс алма ағашынан басқа, Тянь-Шань тауларында жабайы алма ағашының тағы бір түрі – Недзвецкий алма ағашы (*Malus niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne) өседі. Недзвецкий алмасы – Қазақстанның Қызыл кітабына және жойылып бара жатқан түрлердің халықа-

ралық Қызыл тізіміне енгізілген жабайы алма ағашының эндемик түрі [36]. Сондай-ақ, алма ағашының осы түріне бактериялық күйіктің ошағын анықтау үшін мониторингтік зерттеулер жүргізу қажет. Недзвецкий алмасы бактериялық күйікке қарсы түрудың генетикалық ресурсы болуы мүмкін деген болжам бар [37].

Бактериялық күйіктің зерттеу әдістері

Бактериялық күйікке сапалы мониторинг жасау үшін флуоресценцияның жинақталуын анықтауға негізделген нақты уақыттағы ПТР сияқты сезімтал әдістерді, сонымен қатар классикалық ИФТ және ПТР әдістері қолданылады [38]. Қолдану техникасына және сипатталатын геномның бөлігіне байланысты әр түрлі ДНҚ маркерлері бар: рестрикциялық фрагментінің ұзындығы полиморфизмі (RFLP), амплификацияланған фрагменттердің ұзындығы полиморфизмі (AFLP), кездейсоқ амплификацияланатын полиморфты ДНҚ (RAPD), амплификацияланған ажыраған полиморфты тізбег (CAPS), қарапайым реттілік қайталануы (SSR), реттілік сипатталатын күшейтілген аймақ (SCAR), бір нуклеотидті полиморфизм (SNP). Жүргізілген зерттеу нәтижелеріне сәйкес, Қазақстанда Алматы облысының 3 бақшасында жиналған 30 сынаманың 23 сынамасы қоздырғышпен жұқтырылған. Белгілері көрінбейтін 15 үлгінің 8-і патоген қоздырғышы бар болып шықты [38]. Омашева М.Е. және т.б [39] зерттеушілер қазақстандық селекцияның 31 алма сортына 16 SSR маркерін қолдану арқылы молекулалық-генетикалық паспорттар жасалды. Генотипирленген алма сорттары қотыр, ақұнтақ және бактериялық күйік сияқты зиянды қоздырғыштарға төзімді аллельдердің болуына сыналған.

Бүгінгі күні Қазақстанда отандық және шетелдік алма сорттарының зиянды ауруға – бактериялық күйікке қарсы төзімділігі туралы деректер өте үзік-үзік. *Erwinia amylovora* әртүрлі штаммдарына төзімділікке байланысты 27 перспективті сандық локус (QTL) анықталды. Өндірістік бақтар мен шаруашылықтарда аудандастырылған алма ағашын зерттей келе 59 сорттың ішінде көптеген сорттардан бактериялық күйік табылды: Айдаред, Апорт, Голден Делишес, Гала, Грени Смит, Максат, Восход, Ренет Бурхардта, Старкримсон, Рубин, Фуджи. Шетелдік селекциядан енгізілген 39 алма сорттарында ауру белгілері 29-57% құрайтын сорттар: Пинона, Пинк Леди, Рашида, Конфетное, Синап Алматинский, Ред Топаз, Дельджонс, Сантана, Вилтон Стар [40, 41].

Бактериялық күйікпен күресу жолдары

Erwinia amylovora тудыратын бактериялық күйік – алма және алмұрт бақтарының әлемдегі ең жойқын бактериялық ауруы. Бұл жойқын аурудың таралуын болдырмау үшін әдетте бүкіл әлемде, соның ішінде Қазақстанда да әртүрлі агротехникалық, химиялық және биологиялық күрес шаралары қолданылады. Бірақ олар аурудың асқынған жылдарында инфекцияны төмен деңгейде ұстай алмайды.

Агротехникалық күресу жолдары

Агротехникалық күресу шараларына қыста бұтақтарды және жемістерді кесу, ауру өсімдіктерді қазып алып тастау және өртеу, жабайы жемдік өсімдіктерді жою (долана және ырғай), біте, бүргешіркей және басқада ауру тасымалдаушы жәндіктермен күресу, алма мен алмұрттың гүлдейтін уақытында омарташылардың көшуіне тыйым салу, алманың толерантты және төзімді сорттарды пайдалануға тыйым салу және ауру көшеттерді отырғызбау.

Химиялық күресу жолдары

Химиялық күрес шараларына химиялық және биологиялық препараттарды қолдану жатады. Қазақстанда Ж. Жиёмбаева атындағы қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институтында, микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығында және басқа да ғылыми-зерттеу институттарында бактериялық күйікпен күресу үшін әртүрлі химиялық және биологиялық препараттарды қолдану бойынша зерттеулер жүргізілуде. *E. amylovora* бактериясының стрептомицин, тетрациклин, офлоксацин, ампициллин және цефазолин антибиотиктерге сезімталдығын бағалау кезінде офлоксацин мен цефазолиннің бактерияға қарсы жоғары бактерицидтік қасиеті бар екені көрсетілді [42]. Көптеген елдерде бактериялық күйікті емдеу үшін стрептомицинді қолдануға тыйым салынған. Дегенмен, бұл ауру өршіген жағдайында, мысалы 2008 жылы Швейцарияда стрептомицин қолданылды [43].

Жеміс ағаштарының бактериялық күйігімен күресу жолдарында табиғаты әртүрлі фунгицидтік препараттар, сонымен қатар құрамында мыс бар препараттар кеңінен қолданылады [44]. Ең тиімді химиялық фунгицидтерден – Курзат, Косайд, Альет, супер Фосэтил, Агригент плюс, ал биологиялық фунгицидтерден – Касумин, Фитоп және Фитолавин, өсу реттегіштерден – Экстрасол, Новосил және Регалис плюс, макро- және микроэлементтерден – Фоскрафт МКР, Курамин

Фолиар кеңінен қолданылады. Құрамында мыс бар препараттар бақшадағы егу мөлшерін азайтуға көмектесетін болғандықтан маусымның басында қолданылады [45].

Қазақстанның оңтүстік-шығыс жағдайына бейімделген алма ағаштарын бактериялық күйіктен қорғауда агротехникалық, биологиялық және химиялық кешенді шаралары жетілдірілді. Алиетта 80WG фунгицидін, мыс негізіндегі Miedzian 50WP препаратын, сондай-ақ Касумин 2L және Медзиана 50WP антибиотиктерін қолданғанда алма ағаштарының бактериялық күйікке төзімділігі 89-94%-ға дейін артты [46]. Аурумен күресуде карантиндік шаралары бар, сонымен қатар 4% тотияйын, фунгицид Косайд 2000, Фитолавин, ВРК биологиялық препараты және Регалис плюс өсу реттегішімен бүркуді қамтитын күресудің жоспары әзірленді. Биологиялық тиімділік 36,2%, ал өнімділік 97,5% құрды [47]. Егістік жағдайларда алма ағаштарын бактериялық күйіктен қорғаудың 7 сұлбасының тиімділігін бағалаудың кешенді жүйесі әзірленді. Жеке сұлбалардың биологиялық тиімділігі 86,7%-96,9% аралығында құрайды. Тәжірибелік сұлбалар бойынша бактериялық күйік дамуының жазбалары көрсеткендей, ең тиімді фунгицидтер: Курзат Р, Curamin Foliar + Фоскрафт МКР (макро- және микроэлементтер) және CuSO₄ + ПАН; биологиялық препараттардан: Касумин 2L және Фитолавин, ВРК, Экстрасол және өсу реттегіштерінен: Альетт, Фитоп 622, Новосил және Регалис плюс [48].

Әзірленген кешенді жүйе көп еңбекті қажет ететін және қымбат тұратын карантиндік шараларға балама болып табылады, мысалы, бактериялық күйіктерінен зардап шеккен ағаштарды қазып алып тастау және өртеу әрқашан ақтала бермейді. Айта кету керек, химиялық және биологиялық препараттарды қолдану кезінде топырақ пен қоршаған ортаның ластануына биологиялық бақылау жүргізу қажет.

Биологиялық күресу жолдары

Биологиялық күрес шаралары ашытқылардың белгілі бір түрлерін және антагонист бактерияларды қолдануды қамтиды [49]. *Bacillus* және *Pseudomonas* тұқымдастарына жататын бактерияларды бактериялық күйікке қарсы қолдануға болады. Ауыл шаруашылығы дақылдарын биологиялық бақылау үшін және өсуін ынталандыру үшін кеңінен *Bacillus* түрі қолданылады [50]. Антагонист-бактериясы *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 штаммының *in vitro* жағдайында *Erwinia amylovora* 1E IMIV штам-

мының өсуін тежеудегі тиімділігі бағаланды. Бұл штамм қауіпсіз және алма ағашының бактериялық күйікке қарсы биопрепаратқа негіз ретінде пайдалануға болатыны анықталды [51, 52]. Қолданылған *B. amyloliquefaciens* дақыл сорпасының биологиялық тиімділігі 90,6% құрады. Антагонист-бактерия өндіретін ацетонин (3-гидроксипутанон) және 2,3-бутандион жеміс шаруашылығында *E. Amylovora*-мен күресуде қолдануға болады. А.Қ. Саданов және оның әріптестері шолу жүргізгенде *Pseudomonas* тұқымдасына жататын бактериялардың бірнеше түрлерінің тізімін келтірді [53]. Олардың ішінде кейбіреулері BlightBan A506 (*P. fluorescens* A506, АҚШ), Bloomtime (*P. agglomerans* E325, АҚШ), BlossomBless (*P. agglomerans* P10c, Жаңа Зеландия), BlightBan C9-1 (*P. vagans* C9-1, АҚШ), Serenade (*B. subtilis* QST713, АҚШ), Biopro (*B. subtilis* BD170, Швейцария) және BlossomProtect (*Aureobasidium pullulans*, Германия) сияқты биопестицидтер ретінде шетелде коммерцияланды. Жеміс-жидек дақылдарын қорғау әдістерінің тағы бір түрі сүт қышқылы бактериялары негізінде жасалған биопрепараттарды қолдану болып табылады. Сүт қышқылды бактерияларды *E. amylovora* бактериялық күйік қоздырғышының тежегіштері ретінде де қолдануға болатыны анықталды [54, 55].

Басқа ашытқылар да *E. amylovora*-ға қарсы тежегіш әсер етеді: *Torulopsis kefir var. kumis* №114 3, *Kluyveromyces marxianus* 19, *Torulopsis sphaerica* №117, *Saccharomyces cerevisiae* (vini) 2 комплекс №20 [56]. 4 ашытқы дақылының компоненттік құрамын талдау барысында *Saccharomyces cerevisiae* (vini) 2 комплекс №20 және *Torulopsis sphaerica* №117 дақылдарында 13 химиялық қосылыс анықталғанын көрсетті және олардың негізгі қосылысы фенилэтил спирті. *Torulopsis kefir var. kumis* №114 3 дақылында 12 химиялық зат, оның негізгі қосылысы изоамил спирті. Ал *Kluyveromyces marxianus* 19 дақылының құрамында 10 қосылыс бар, оның негізгі қосылысы этилацетат. Бұл химиялық қосылыстар бактериялық күйік қоздырғышының өсуін тежеуде маңызды рөл атқаруы мүмкін. Ашытқы дақылдарын зерттеу бактериялық күйік қоздырғышы *E. amylovora* үшін перспективалы биобақылау агенттері ретінде оларды әрі қарай зерттеу үшін қызығушылық тудырады.

Бактериялық күйік ауруымен күресудің тағы бір биологиялық шарасы – осы ауруға төзімді алма сорттарын жасап шығару. Бұл жағдайда селекцияның классикалық әдістерін қолдануға болады. Қазақстанның оңтүстік өңірінде өсірі-

летін шетелдік және жергілікті телітушіге бактериялық күйікке төзімділігін бағалау бойынша зерттеулер жүргізіле бастады. SCAR және SNP маркерлері негізінде Г.41, Г.16 және '62-396' телітушілері Қазақстанда көбейтуге, селекцияға және егу үшін ең перспективалы болып табылады, өйткені зерттеу нәтижелері бойынша олар бактериялық күйікке ең төзімді болды [57]. Бактериялық күйікке төзімді алма сорттарын жасау үшін де жасушалық және гендік инженерия технологиялары қолданылады. Дегенмен, олар өте қымбат және үлкен қаржылық инвестицияларды қажет етеді.

Қорытынды

Осылайша, бүкіл әлемде бактериялық күйікке қарсы күреске бағытталған елеулі күш-жігерге қарамастан, ауру өнімнің айтарлықтай жоғалуына және ағаштардың өліміне әкелуде. Мұның бәрі жеміс ағаштарының бактериялық күйікке диагностикалаудың жылдам және сенімді әдістерін әзірлеуді қажет етеді. Өндірістік және ауылшаруашылық жеміс-жидек өсіретін аумақтарда инфекция ошақтарын анықтау үшін тұрақты мониторинг жүргізу қажет. Әсіресе Сиверс (*Malus sieversii*) және Недзвецкий алмасы (*Malus niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne) сияқты жабайы алма түрлерінде ауруды анықтауға ерекше назар аудару керек. Химиялық және биологиялық әдістерді қолдана отырып, кешенді күрес шараларын әзірлеу қажет. Қазақстанға экспортталатын шетелдік питомниктердегі көшет материалын тексеру қажет. Осы мәселе бойынша тәжірибе алмасу үшін әртүрлі елдердің мамандары арасындағы байланысты дамытып, біздің мамандардың халықаралық симпозиумдарға, конференцияларға, тағылымдамаларға қатысуын дамыту қажет. Бірлескен күш-жігер арқылы ғана алма дақылдарының бактериялық күйікке шалдығу мәселесін шешуге, қоздырғыштар биологиясының кең ауқымды мәселелерін зерттеу, аурумен күресу шаралары мен ғылыми болжауға болады.

Қаржыландыру

Ғылыми-зерттеу жұмыстары ЖКН BR21881942 «Ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыру мақсатында фитопатогендерді бақылаудың биотехнологиялық тәсілдерін әзірлеу» бағдарламасы бойынша 2023-2025 жж. аралығында ҚР ҒБМ Ғылым комитеті бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру

шеңберінде «*Malus spp.* тұқымдасының жабайы және мәдени алма ағаштарында жиі кездесетін *Erwinia amylovora* штамдарын бақылау және Rosacea (паушангүлділер) тұқымдасының эн-

демикалық өсімдіктері арасында бактериялық күйіктің таралуының алдын алу бойынша практикалық ұсыныстар әзірлеу» тапсырмасы бойынша жүзеге асырылды.

Әдебиеттер

1. Александров И.Н. «Бактериальный ожог плодовых культур в Российской Федерации. Историческая справка.» *Защита и карантин растений*, №12 (2009): 26-29. <https://cyberleninka.ru/article/n/bakterialnyy-ozhog-plodovyh-kultur-v-rossiyskoy-federatsii-istoricheskaya-spravka.pdf>.
2. Ходжаева С.М., Хасанов Б.А., Гузалова А.Г. «Бактериальный ожог плодовых деревьев в Узбекистане, вызываемый бактерией *Erwinia amylovora* (Burill) Winslow et al.» *World science* 5, no.1 (2016): 17-20. <https://rsglobal.pl/index.php/ws/article/view/704/688>.
3. Djaimurzina A., Umiraliyeva Z., Zharmukhamedova G., Born Y., Bühlmann A., Rezzonico F. "Detection of the causative agent of fire blight – *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. – in the Southeast of Kazakhstan." *Acta horticulturae*, no. 1056 (2014): 129–32. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2014.1056.18>.
4. Сагитов А.О., Исин М.М., Джаймурзина А.А., Копжасаров Б.К., Джуманова Ж.К., Умиралиева Ж. "Бактериальный ожог плодовых культур в Казахстане." *Защита и карантин растений*, №9 (2015): 13-15. <https://karantin.net/wp-content/uploads/2017/09/biologicheskaya-zaschita-rasteniy-v-kazahstane-1.pdf>.
5. Doolotkeldieva T., Bobusheva S. "Fire blight disease caused by *Erwinia amylovora* on Rosaceae plants in Kyrgyzstan and biological agents to control this disease." *Advances in microbiology*, no. 6 (2016): 831-851. <http://dx.doi.org/10.4236/aim.2016.611080>.
6. Doolotkeldieva T., Bobushova S., Carnal S., Rezzonico F. "Genetic characterization of *Erwinia amylovora* isolates detected in the wild walnut-fruit forest of South Kyrgyzstan." *Journal of plant pathology* 103, no. Suppl.1 (2021): 109–120. <https://doi.org/10.1007/s42161-021-00752-1>.
7. Van Der Zwet T., Orolaza-Halbrecht N., Wolfgang Z. *Fire blight: history, biology, and management*. St. Paul: American Phytopathological Society Press, 2012. <https://doi.org/10.1094/9780890544839>.
8. Santander, R.D., Català-Senent J.F., Marco-Noales E., Biosca E.G. "In planta recovery of *Erwinia amylovora* viable but nonculturable cells." *Trees* 26, no. 1 (2011): 75–82. <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0653-8>.
9. Mansfield J., Genin S., Magori S., Citovsky V., Sriariyanum M., Ronald P., Dow M., Verdier V., Beer S.V., Machado M.A., Toth I., Salmond G., Foster, G.D. "Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology." *Molecular plant pathology* 13, no. 6 (2012): 614–29. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x>.
10. Braun P.G., Hildebrand P.D. "Epidemiology of fire blight of florican fruiting red raspberry caused by *Erwinia amylovora*." *Canadian journal of plant pathology* 28, no. 1 (2006): 95–99. <https://doi.org/10.1080/07060660609507275>.
11. Temreshev I.I., Kopzhassarov B.K., Beknazarova Z.B., Sarbassova A.M., Sadanov A.K., Ismailova E.T., Molzhigitova A.E., Yakovlev R.V. "Red bud borer *Resseliella oculiperda* (Rübsaamen, 1893) (Diptera, Cecidomyiidae) – a new vector of fire blight (*Erwinia amylovora*) of fruit crops in Kazakhstan" *Microbiology and virology*, no. 4 (2023): 171–182. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.04.10>.
12. Vrancken K., Holtappels M., Schoofs H., Deckers T., Valcke R. "Pathogenicity and infection strategies of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* in Rosaceae: state of the art." *Microbiology* 159, no. Pt.5 (2013): 823–832. <https://doi.org/10.1099/mic.0.064881-0>.
13. Piqué N., Miñana-Galbés D., Merino S., Tomás J. "Virulence factors of *Erwinia amylovora*: a review." *International journal of molecular sciences* 16, no. 6 (2015): 12836–12854. <https://doi.org/10.3390/ijms160612836>.
14. Khokhani D., Zhang C., Li Y., Wang Q., Zeng Q., Yamazaki A., Hutchins W., Zhou S.S., Chen X., Yang C.H. "Discovery of plant phenolic compounds that act as type iii secretion system inhibitors or inducers of the fire blight pathogen, *Erwinia amylovora*." *Applied and environmental microbiology* 79, no. 18 (2013): 5424–5436. <https://doi.org/10.1128/aem.00845-13>.
15. Bogdanove A.J., Bauer D.W., Beer, S.V. "*Erwinia amylovora* secretes DspE, a pathogenicity factor and functional AvrE homolog, through the Hrp (type III secretion) pathway." *Journal of bacteriology* 180, no. 8 (1998): 2244–2247. <https://doi.org/10.1128/jb.180.8.2244-2247.1998>.
16. Gaudriault S., Malandrin L., Paulin J.P., Barny M.A. "DspA, an essential pathogenicity factor of *Erwinia amylovora* showing homology with AvrE of *Pseudomonas syringae*, is secreted via the Hrp secretion pathway in a DspB-dependent way." *Molecular microbiology* 26, no. 5 (1997): 1057–1069. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.1997.6442015.x>.
17. Kim J.F., Beer S.V. "HrpW of *Erwinia amylovora*, a new harpin that contains a domain homologous to pectate lyases of a distinct class." *Journal of bacteriology* 180, no. 19 (1998): 5203–5210. <https://doi.org/10.1128/jb.180.19.5203-5210.1998>.
18. Kvitko B.H., Ramos A.R., Morello J.E., Oh H.S., Collmer A. "Identification of harpins in *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000, which are functionally similar to HrpK1 in promoting translocation of type III secretion system effectors." *Journal of bacteriology* 189, no. 22 (2007): 8059–8072. <https://doi.org/10.1128/jb.01146-07>.
19. Zhao Y., He S.Y., Sundin, G.W. "The *Erwinia amylovora* AvrRpt2EA gene contributes to virulence on pear and AvrRpt2EA is recognized by *Arabidopsis* RPS2 when expressed in *Pseudomonas syringae*." *Molecular plant-microbe interactions* 19, no. 6 (2006): 644–54. <https://doi.org/10.1094/mpmi-19-0644>.

20. Nissinen R.M., Ytterberg A.J., Bogdanove A.J., Van Wijk K.J., Beer S.V. "Analyses of the secretomes of *Erwinia amylovora* and selected Hrp mutants reveal novel type III secreted proteins and an effect of HrpJ on extracellular harpin levels." *Molecular plant pathology* 8, no. 1 (2006): 55–67. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2006.00370.x>.
21. Yuan X., Hulin M.T., Sundin, G.W. "Effectors, chaperones, and harpins of the type III secretion system in the fire blight pathogen *Erwinia amylovora*: a review." *Journal of plant pathology* 103, no. Suppl.1 (2020): 25–39. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00623-1>.
22. Piqué N., Miñana-Galbis D., Merino S., Tomás J. "Virulence factors of *Erwinia amylovora*: a review." *International journal of molecular sciences* 16, no. 6 (2015): 12836–12854. <https://doi.org/10.3390/ijms160612836>.
23. Kharadi R.R., Schachterle J.K., Yuan X., Castiblanco L.F., Peng J., Slack S.M., Zeng Q., Sundin G.W. "Genetic dissection of the *Erwinia amylovora* disease cycle." *Annual review of phytopathology* 59, no. 1 (2021): 191–212. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-020620-095540>.
24. Koczan J.M., McGrath M.J., Zhao Y., Sundin G.W. "Contribution of *Erwinia amylovora* exopolysaccharides amylovan and levan to biofilm formation: implications in pathogenicity." *Phytopathology* 99, no. 11 (2009): 1237–1244. <https://doi.org/10.1094/phyto-99-11-1237>.
25. Dellagi A., Brisset M.N., Paulin J.P., Expert, D. "Dual role of desferrioxamine in *Erwinia amylovora* pathogenicity." *Molecular plant-microbe interactions* 11, no. 8 (1998): 734–742. <https://doi.org/10.1094/mpmi.1998.11.8.734>.
26. Aldridge P., Metzger M., Geider, K. "Genetics of sorbitol metabolism in *Erwinia amylovora* and its influence on bacterial virulence." *Molecular and general genetics* 256, no. 6 (1997): 611–619. <https://doi.org/10.1007/s004380050609>.
27. Bogs J., Geider K. "Molecular analysis of sucrose metabolism of *Erwinia amylovora* and influence on bacterial virulence." *Journal of bacteriology* 182, no. 19 (2000): 5351–5358. <https://doi.org/10.1128/jb.182.19.5351-5358.2000>.
28. Castiblanco L.F., Sundin, G.W. "Cellulose production, activated by cyclic Di-GMP through BcsA and BcsZ, is a virulence factor and an essential determinant of the three-dimensional architectures of biofilms formed by *Erwinia amylovora* Ea1189." *Molecular plant pathology* 19, no. 1 (2016): 90–103. <https://doi.org/10.1111/mpp.12501>.
29. Zeng Q., McNally R.R., Sundin, G.W. "Global small RNA chaperone Hfq and regulatory small RNAs are important virulence regulators in *Erwinia amylovora*." *Journal of bacteriology* 195, no. 8 (2013): 1706–1717. <https://doi.org/10.1128/jb.02056-12>.
30. Drenova N.V., Isin M.M., Dzhamurzina A.A., Zharmukhamedova G.A., Aitkulov A.K. "Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan." *Plant health: research and practice* 1, no. 3 (2013): 44–48. https://www.researchgate.net/publication/260122985_Bacterial_Fire_Blight_in_the_Republic_of_KazakhstanBakterialnyj_ozog_plodovyh_kultur_v_Respublike_Kazakhstan.
31. Әжімахан М. «Динамика распространения бактериального ожога яблони и методы диагностики. «Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения–12: Молодежь в науке – инновационный потенциал будущего» 1, №1 (2016): 160–163. https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf12_agro_149.pdf.
32. Малахова Н.П., Скиба Ю.А., Тезекбаева Б.К., Хасейн А., Дмитриева К.Д., Ромашкин В.Н., Жармухамедова Г.А., Джуманова Ж.К., Мальцева Э.Р. «Распространенность *Erwinia amylovora* на дикорастущих и культурных яблоневых деревьях рода *Malus* spp. на период 2021 года.» *Eurasian journal of applied biotechnology*, no. 2 (2022): 62–71. <https://doi.org/10.11134/btp.2.2022.9>.
33. Maltseva E.R., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Dmitriyeva K.A., Soltanbekov S.S., Argyunbayeva A.M., Skiba Y.A., Malakhova N.P., Rezzonico F., Smits, T.H.M. "Assessment of fire blight introduction in the wild apple forests of Kazakhstan." *Biodiversity* 23, no. 3–4 (2022): 123–128. <https://doi.org/10.1080/14888386.2022.2141880>.
34. Maltseva E.R., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Dmitriyeva K.A., Tezekbayeva B., Khassein A., Skiba Y.A., Malakhova N.P., Ismagulova G.A., Rezzonico F., Smits T.H.M. "Fire blight cases in Almaty region of Kazakhstan in the proximity of wild apple distribution area." *Journal of plant pathology* 106, no. 3 (2023): 971–978. <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01416-y>.
35. Исакова Г.А., Жармухамедова Г.А., Джуманова Ж.К., Найзабаева Д.А., Бердыгулова Ж.А., Солтанбеков С.С., Исмагулова Г.А., Скиба Ю.А., Мальцева Э.Р. "Оценка распространения бактериального ожога в диких яблоневых лесах Казахстана." *Вестник КазНУ. серия экологическая* 80, №3 (2024): 68–76. <https://doi.org/10.26577/EJE.2024.v80.i3-07>.
36. Eastwood A., Lazkov G., Newton A.C. *The Red list of trees of central Asia*. Cambridge: Fauna and Flora International Press, 2009. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-2009-006.pdf>.
37. Kolchenko M., Nurtaza A., Pozharskiy A., Dyussebekova D., Kapytina A., Nizamdinova G., Khusnitdinova M., Taskuzhina A., Kakimzhanova A., Gritsenko D. "Wild *Malus niedzwetzkyana* Dieck Ex Koehne as a genetic resource for fire blight resistance." *Horticulturae* 9, no. 10 (2023): 1–12. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101066>.
38. Гриценко Д.А., Низамдинова Г.К., Хамдиева О.Х., Динасилов А.С. «Идентификация бактериального ожога молекулярно-генетическими методами.» *Известия национальной академии наук Республики Казахстан. серия аграрных наук* 6, №42 (2017): 109–115. <http://nblib.library.kz/elib/library.kz/Jurnal/agrarnaya%2006-17/18-%20D.A.Gritsenko0617.pdf>.
39. Омашева М.Е., Аубакирова К.П., Рябушкина Н.А. «Молекулярные Маркеры. Причины и Последствия Ошибок Генотипирования.» *Биотехнология. теория и практика*, №4, (2013): 20–28. <https://doi.org/10.11134/btp.4.2013.3>.
40. Кайрова Г.Н., Дәулет Н., Өрқара Ш.Д., Сапахова З.Б., Абсатарова Д.А., «Развитие бактериального ожога на различных сортах яблони в условиях юга и юго-восток Казахстана.» *Ғылым және білім* 3, № 3 (2022): 158–168. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2022-3-3-158-168>.

41. Kairova G., Daulet N., Solomadin M., Sandybayev N., Orkara S., Belousov V., Kerimbek N., Gritsenko D., Sapakhova Z. "Identification of apple varieties resistant to fire blight (*Erwinia amylovora*) using molecular markers." *Horticulturae* 9, no. 9 (2023): 1-22. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9091000>.
42. Umiraliyeva Zh.Z., Jaimurzina A.A.. "Sensitivity of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* to antibiotics." *Microbiology and virology* 2, no. 41 (2023): 220-28. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.02.15>.
43. Gusberti M., Klemm U., Meier M., Maurhofer M., Hunger-Glaser I. "Fire blight control: the struggle goes on. A comparison of different fire blight control methods in Switzerland with respect to biosafety, efficacy and durability." *International journal of environmental research and public health* 12, no. 9 (2015): 11422-11447. <https://doi.org/10.3390/ijerph120911422>.
44. Paulin J.P., Lachaud G. "Comparison of the efficiency of some chemicals in preventing fire blight blossom infections." *Acta horticulturae*, no. 151 (1984): 209-214. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1984.151.27>.
45. Mikiciński A., Puławska J., Molzhigitova A., Sobiczewski, P. "Bacterial species recognized for the first time for its biocontrol activity against fire blight (*Erwinia amylovora*)." *European journal of plant pathology* 156, no. 1 (2019): 257-272. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01885-x>.
46. Molzhigitova A., Mikiciński A., Sobiczewski P. "Efficacy of chemical products and epiphytic bacteria in control of fire blight (*Erwinia amylovora*)." *Experimental biology* 81, no. 4 (2019): 56-65. <https://doi.org/10.26577/eb-2019-4-b6>.
47. Копжасаров Б.К., Джаймурзина А.А., Умиралиева Ж.З., Бекназарова З.Б., Есжанов Т.К. "Стратегия борьбы с бактериальным ожогом плодовых культур в Казахстане." *Плодоводство и ягодоводство России* 65, (2021): 87-92. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-65-87-92>.
48. Умиралиева, Ж.З., Копжасаров Б.К., Джаймурзина А.А., Бекназарова З.Б. «Комплексная система защиты яблони от бактериального ожога в условиях юго-востока Казахстана.» *Исследования, результаты* 93, no. 1 (2022): 60-69. <https://doi.org/10.37884/1-2022/08>.
49. Choi D.H., Choi H.J., Kim Y.J., Lim Y.J., Lee I., Park D.H. "Screening of bacterial antagonists to develop an effective cocktail against *Erwinia amylovora*." *Research in plant disease* 28, no. 3 (2022): 152-161. <https://doi.org/10.5423/rpd.2022.28.3.152>.
50. Brogini G.A.L., Duffy B., Holliger E., Schärer H.J., Gessler C., Patocchi A. "Detection of the fire blight biocontrol agent *Bacillus subtilis* BD170 (Biopro®) in a swiss apple orchard." *European journal of plant pathology* 111, no. 2 (2005): 93-100. <https://doi.org/10.1007/s10658-004-1423-x>.
51. Baidalinov A.I., Shemshura O.N., Ismailova E.T., Dzhakibayeva G.T., Tleubekova D.A., Baimakhanova G.B., Kenzheev Sh.T. "Estimation of the biosafety of *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain, promising as a basis of biopreparation against bacterial burn of fruit crops." *Microbiology and virology* 4, no. 35 (2022): 38-47. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2021.04.03>.
52. Shemshura O., Alimzhanova M., Ismailova E., Molzhigitova A., Daugaliyeva S., Sadanov A. "Antagonistic activity and mechanism of a novel *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain against fire blight." *Journal of plant pathology* 102, no. 3 (2020): 825-833. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00515-4>.
53. Sadanov A.K., Suleimenova Z.B., Ismailova E.T., Shemshura O.N., Baimakhanova B.B., Baimakhanova G.B., Bisko N.A., Molzhigitova A.E., Yelubayeva A.E., Tleubekova D.A. "Fire blight of fruit crops." *Microbiology and virology* 1, no. 40 (2023): 35-46. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.01.02>.
54. Roselló G., Bonaterra A., Francés J., Montesinos L., Badosa E., Montesinos E. "Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*." *European journal of plant pathology* 137, no. 3 (2013): 621-633. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0275-7>.
55. Саданов А.К., Кулдыбаев Н.М., Исмаилова Э.Т., Шемшюра О.Н., Молжигитова А.Е., Турлыбаева З.Ж., Елубаева А.Е., Баймаханова Г.Б., Баймаханова Б.Б. "Скрининг антагонистической активности штаммов молочнокислых бактерий против *Erwinia amylovora*." *Наука и инновации* 2, №8 (2023): 162-168. <https://10.5281/zenodo.8353509>.
56. Dzhakibayeva G.T., Sadanov A.K., Ismailova E.T., Baymakhanova B.B., Molzhigitova A.E., Baymakhanova G.B., Shemshura O.N., Alimzhanova M.B., Tleubekova D.A., Yelubaeva A.E. "Evaluation of the inhibitory activity of collection yeast cultures against the causative agent of bacterial burn *Erwinia amylovora*." *Microbiology and virology* 2, no. 41 (2023): 173-82. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.02.11>.
57. Kairova G., Pozharskiy A., Daulet N., Solomadin M., Sandybayev N., Khusnitdinova M., Nizamdinova G., Sapakhova Z., Gritsenko D. "Evaluation of fire blight resistance of eleven apple rootstocks grown in Kazakhstani fields." *Applied sciences* 13, no. 20 (2023): 1-14. <https://doi.org/10.3390/app132011530>.

References

1. Aleksandrov I.N. "Fire blight of fruit crops in the Russian Federation. Historical background." *Plant protection and quarantine*, no. 12 (2009): 26-29. (in russian) <https://cyberleninka.ru/article/n/bakterialnyy-ozhog-plodovyh-kultur-v-rossiyskoy-federatsii-istoricheskaya-spravka.pdf>.
2. Khodjaeva S.M., Khasanov B.A., A.G. Guzalova A.G. "Fire blight of fruit trees in Uzbekistan caused by the bacterium *Erwinia amylovora* (Burill) Winslow et al." *World science* 5, no.1 (2016): 17-20. (in russian) <https://rsglobal.pl/index.php/ws/article/view/704/688>.
3. Djaimurzina A., Umiraliyeva Z., Zharmukhamedova G., Born Y., Bühlmann A., Rezzonico F. "Detection of the causative agent of fire blight – *Erwinia amylovora* (Burill) Winslow et al. – in the Southeast of Kazakhstan." *Acta horticulturae*, no. 1056 (2014): 129-32. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2014.1056.18>.

4. Sagitov A.O., Isin M.M., Dzhajmurzina A.A., Kopzhassarov B.K., Jumanova Zh.K., Umiralyieva Zh.Z. “Fire blight of fruit crops in Kazakhstan.” *Plant protection and quarantine*, no. 9 (2015): 13-15. (in russian) <https://karantin.net/wp-content/uploads/2017/09/biologicheskaya-zaschita-rasteniy-v-kazahstane-1.pdf>.
5. Doolotkeldieva T., Bobusheva S. “Fire blight disease caused by *Erwinia amylovora* on *Rosaceae* plants in Kyrgyzstan and biological agents to control this disease.” *Advances in microbiology*, no. 6 (2016): 831-851. <http://dx.doi.org/10.4236/aim.2016.611080>.
6. Doolotkeldieva T., Bobushova S., Carnal S., Rezzonico F. “Genetic characterization of *Erwinia amylovora* isolates detected in the wild walnut-fruit forest of South Kyrgyzstan.” *Journal of plant pathology* 103, no. Suppl.1 (2021): 109–120. <https://doi.org/10.1007/s42161-021-00752-1>.
7. Van Der Zwet T., Orolaza-Halbrecht N., Wolfgang Z. *Fire blight: history, biology, and management*. St. Paul: American Phytopathological Society Press, 2012. <https://doi.org/10.1094/9780890544839>.
8. Santander, R.D., Català-Senent J.F., Marco-Noales E., Biosca E.G. “In planta recovery of *Erwinia amylovora* viable but nonculturable cells.” *Trees* 26, no. 1 (2011): 75–82. <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0653-8>.
9. Mansfield J., Genin S., Magori S., Citovsky V., Sriariyanum M., Ronald P., Dow M., Verdier V., Beer S.V., Machado M.A., Toth I., Salmond G., Foster, G.D. “Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology.” *Molecular plant pathology* 13, no. 6 (2012): 614–29. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x>.
10. Braun P.G., Hildebrand P.D. “Epidemiology of fire blight of florican fruiting red raspberry caused by *Erwinia amylovora*.” *Canadian journal of plant pathology* 28, no. 1 (2006): 95–99. <https://doi.org/10.1080/07060660609507275>.
11. Temreshev I.I., Kopzhassarov B.K., Beknazarova Z.B., Sarbassova A.M., Sadanov A.K., Ismailova E.T., Molzhigitova A.E., Yakovlev R.V. “Red bud borer *Resseliella oculiperda* (Rübsaamen, 1893) (Diptera, Cecidomyiidae)—a new vector of fire blight (*Erwinia amylovora*) of fruit crops in Kazakhstan” *Microbiology and virology*, no. 4 (2023): 171–182. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.04.10>.
12. Vrancken K., Holtappels M., Schoofs H., Deckers T., Valcke R. “Pathogenicity and infection strategies of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* in *Rosaceae*: state of the art.” *Microbiology* 159, no. Pt.5 (2013): 823–832. <https://doi.org/10.1099/mic.0.064881-0>.
13. Piqué N., Miñana-Galbis D., Merino S., Tomás J. “Virulence factors of *Erwinia amylovora*: a review.” *International journal of molecular sciences* 16, no. 6 (2015): 12836–12854. <https://doi.org/10.3390/ijms160612836>.
14. Khokhani D., Zhang C., Li Y., Wang Q., Zeng Q., Yamazaki A., Hutchins W., Zhou S.S., Chen X., Yang C.H. “Discovery of plant phenolic compounds that act as type III secretion system inhibitors or inducers of the fire blight pathogen, *Erwinia amylovora*.” *Applied and environmental microbiology* 79, no. 18 (2013): 5424–5436. <https://doi.org/10.1128/aem.00845-13>.
15. Bogdanove A.J., Bauer D.W., Beer, S.V. “*Erwinia amylovora* secretes DspE, a pathogenicity factor and functional AvrE homolog, through the Hrp (type III secretion) pathway.” *Journal of bacteriology* 180, no. 8 (1998): 2244–2247. <https://doi.org/10.1128/jb.180.8.2244-2247.1998>.
16. Gaudriault S., Malandrin L., Paulin J.P., Barny M.A. “DspA, an essential pathogenicity factor of *Erwinia amylovora* showing homology with AvrE of *Pseudomonas syringae*, is secreted via the Hrp secretion pathway in a DspB□dependent way.” *Molecular microbiology* 26, no. 5 (1997): 1057–1069. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.1997.6442015.x>.
17. Kim J.F., Beer S.V. “HrpW of *Erwinia amylovora*, a new harpin that contains a domain homologous to pectate lyases of a distinct class.” *Journal of bacteriology* 180, no. 19 (1998): 5203–5210. <https://doi.org/10.1128/jb.180.19.5203-5210.1998>.
18. Kvitko B.H., Ramos A.R., Morello J.E., Oh H.S., Collmer A. “Identification of harpins in *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000, which are functionally similar to HrpK1 in promoting translocation of type III secretion system effectors.” *Journal of bacteriology* 189, no. 22 (2007): 8059–8072. <https://doi.org/10.1128/jb.01146-07>.
19. Zhao Y., He S.Y., Sundin, G.W. “The *Erwinia amylovora* AvrRpt2EA gene contributes to virulence on pear and AvrRpt2EA is recognized by *Arabidopsis* RPS2 when expressed in *Pseudomonas syringae*.” *Molecular plant-microbe interactions* 19, no. 6 (2006): 644–54. <https://doi.org/10.1094/mpmi-19-0644>.
20. Nissinen R.M., Ytterberg A.J., Bogdanove A.J., Van Wijk K.J., Beer S.V. “Analyses of the secretomes of *Erwinia amylovora* and selected Hrp mutants reveal novel type III secreted proteins and an effect of HrpJ on extracellular harpin levels.” *Molecular plant pathology* 8, no. 1 (2006): 55–67. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2006.00370.x>.
21. Yuan X., Hulin M.T., Sundin, G.W. “Effectors, chaperones, and harpins of the type III secretion system in the fire blight pathogen *Erwinia amylovora*: a review.” *Journal of plant pathology* 103, no. Suppl.1 (2020): 25–39. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00623-1>.
22. Piqué N., Miñana-Galbis D., Merino S., Tomás J. “Virulence factors of *Erwinia amylovora*: a review.” *International journal of molecular sciences* 16, no. 6 (2015): 12836–12854. <https://doi.org/10.3390/ijms160612836>.
23. Kharadi R.R., Schachterle J.K., Yuan X., Castiblanco L.F., Peng J., Slack S.M., Zeng Q., Sundin G.W. “Genetic dissection of the *Erwinia amylovora* disease cycle.” *Annual review of phytopathology* 59, no. 1 (2021): 191–212. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-020620-095540>.
24. Koczan J.M., McGrath M.J., Zhao Y., Sundin G.W. “Contribution of *Erwinia amylovora* exopolysaccharides amylovan and levan to biofilm formation: implications in pathogenicity.” *Phytopathology* 99, no. 11 (2009): 1237–1244. <https://doi.org/10.1094/phyto-99-11-1237>.
25. Dellagi A., Brisset M.N., Paulin J.P., Expert, D. “Dual role of desferrioxamine in *Erwinia amylovora* pathogenicity.” *Molecular plant-microbe interactions* 11, no. 8 (1998): 734–742. <https://doi.org/10.1094/mpmi.1998.11.8.734>.
26. Aldridge P., Metzger M., Geider, K. “Genetics of sorbitol metabolism in *Erwinia amylovora* and its influence on bacterial virulence.” *Molecular and general genetics* 256, no. 6 (1997): 611–619. <https://doi.org/10.1007/s004380050609>.

27. Bogs J., Geider K. "Molecular analysis of sucrose metabolism of *Erwinia amylovora* and influence on bacterial virulence." *Journal of bacteriology* 182, no. 19 (2000): 5351–5358. <https://doi.org/10.1128/jb.182.19.5351-5358.2000>.
- 28.
29. Castiblanco L.F., Sundin, G.W. "Cellulose production, activated by cyclic Di-GMP through BcsA and BcsZ, is a virulence factor and an essential determinant of the three-dimensional architectures of biofilms formed by *Erwinia amylovora* Ea1189." *Molecular plant pathology* 19, no. 1 (2016): 90–103. <https://doi.org/10.1111/mpp.12501>.
30. Zeng Q., McNally R.R., Sundin, G.W. "Global small RNA chaperone Hfq and regulatory small RNAs are important virulence regulators in *Erwinia amylovora*." *Journal of bacteriology* 195, no. 8 (2013): 1706–1717. <https://doi.org/10.1128/jb.02056-12>.
31. Drenova N.V., Isin M.M., Dzhaiburzina A.A., Zharmukhamedova G.A., Aitkulov A.K. "Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan." *Plant health: research and practice* 1, no. 3 (2013): 44–48. https://www.researchgate.net/publication/260122985_Bacterial_Fire_Blight_in_the_Republic_of_KazakhstanBakterialnyj_ozog_plodovyyh_kultur_v_Respublike_Kazahstan.
32. Azhimakhan M. "Dynamics of spread of fire blight of apple trees and diagnostic methods." *Materials of the Republican scientific and theoretical conference "Seifullin readings-12: Youth in science – the innovative potential of the future"* 1, no. 1 (2016): 160–163. (in russian) https://kazatu.edu.kz/assets/i/science/sf12_agro_149.pdf.
33. Malakhova, N.P., Y.A. Skiba, B.K. Tezekbayeva, A. Khasseyin, K.A. Dmitriyeva, V.N. Romashkin, G.A. Zharmukhamedova, Zh. K. Jumanova, and E.R. Maltseva. "Distribution of *Erwinia amylovora* on wild and culturally grown apple trees *Malus* spp. for the period of 2021." *Eurasian journal of applied biotechnology*, no. 2 (2022): 62–71. (in russian) <https://doi.org/10.11134/btp.2.2022.9>.
34. Maltseva E.R., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Dmitriyeva K.A., Soltanbekov S.S., Argynbayeva A.M., Skiba Y.A., Malakhova N.P., Rezzonico F., Smits, T.H.M. "Assessment of fire blight introduction in the wild apple forests of Kazakhstan." *Biodiversity* 23, no. 3–4 (2022): 123–128. <https://doi.org/10.1080/14888386.2022.2141880>.
35. Maltseva E.R., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Dmitriyeva K.A., Tezekbayeva B., Khasseyin A., Skiba Y.A., Malakhova N.P., Ismagulova G.A., Rezzonico F., Smits T.H.M. "Fire blight cases in Almaty region of Kazakhstan in the proximity of wild apple distribution area." *Journal of plant pathology* 106, no. 3 (2023): 971–978. <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01416-y>.
36. Iskakova G.A., Zharmukhamedova G.A., Jumanova Z.K., Naizabayeva D.A., Berdygulova Z.A., Soltanbekov S.S., Ismagulova G.A., Skiba Y.A., Maltseva E.R. "Assessment of the spread of fire blight in wild apple forests of Kazakhstan." *Eurasian journal of ecology* 80, no. 3 (2024): 68–76. (in kazakh) <https://doi.org/10.26577/eje.2024.v80.i3-07>.
37. Eastwood A., Lazkov G., Newton A.C. *The Red list of trees of central Asia*. Cambridge: Fauna and Flora International Press, 2009. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-2009-006.pdf>.
38. Kolchenko M., Nurtaza A., Pozharskiy A., Dyussembekova D., Kapytina A., Nizamdinova G., Khusnitdinova M., Taskuzhina A., Kakimzhanova A., Gritsenko D. "Wild *Malus niedzwetzkyana* Dieck Ex Koehne as a genetic resource for fire blight resistance." *Horticulturae* 9, no. 10 (2023): 1–12. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101066>.
39. Gritsenko D.A., Nizamdinova G.K., Khamdiyeva O.Kh., Dynasilov A.S. "Identification of fire blight by using molecular methods." *News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. series of agricultural sciences* 6, №42 (2017): 109–115. (in russian) <http://nblib.library.kz/elib/library.kz/Jurnal/agrarnaya%2006-17/18-%20D.A.Gritsenko0617.pdf>.
40. Omasheva M.E., Aubakirova K.P., Ryabushkina N.A. "Molecular markers. causes and consequences of genotyping errors." *Biotechnology. theory and practice*, no 4, (2013): 20–28. (in russian) <https://doi.org/10.11134/btp.4.2013.3>.
41. Kairova G.N., Daulet N., Orkara Sh.D., Sapakhova Z.B., Absatarov D.A. "Development of fire blight on various apple varieties in the conditions of the south and south-east of Kazakhstan." *Science and education* 3, no. 3 (2022): 158–168. (in russian) <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2022-3-3-158-168>.
42. Kairova G., Daulet N., Solomadin M., Sandybayev N., Orkara S., Belousov V., Kerimbek N., Gritsenko D., Sapakhova Z. "Identification of apple varieties resistant to fire blight (*Erwinia amylovora*) using molecular markers." *Horticulturae* 9, no. 9 (2023): 1–22. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9091000>.
43. Umiraliyeva Zh.Z., Jaimurzina A.A. "Sensitivity of the fire blight pathogen *Erwinia amylovora* to antibiotics." *Microbiology and virology* 2, no. 41 (2023): 220–28. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.02.15>.
44. Gusberti M., Klemm U., Meier M., Maurhofer M., Hunger-Glaser I. "Fire blight control: the struggle goes on. A comparison of different fire blight control methods in Switzerland with respect to biosafety, efficacy and durability." *International journal of environmental research and public health* 12, no. 9 (2015): 11422–11447. <https://doi.org/10.3390/ijerph120911422>.
45. Paulin J.P., Lachaud G. "Comparison of the efficiency of some chemicals in preventing fire blight blossom infections." *Acta horticulturae*, no. 151 (1984): 209–214. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1984.151.27>.
46. Mikiciński A., Puławska J., Molzhigitova A., Sobiczewski, P. "Bacterial species recognized for the first time for its biocontrol activity against fire blight (*Erwinia amylovora*)." *European journal of plant pathology* 156, no. 1 (2019): 257–272. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01885-x>.
47. Molzhigitova A., Mikiciński A., Sobiczewski P. "Efficacy of chemical products and epiphytic bacteria in control of fire blight (*Erwinia amylovora*)." *Experimental biology* 81, no. 4 (2019): 56–65. <https://doi.org/10.26577/eb-2019-4-b6>.
48. Kopzhasarov B.K., Dzhaiburzina A.A., Umiraliyeva Zh.Z., Beknazarova Z.B., Eszhanov T.K. "Strategy for combating bacterial burn of fruit crops in Kazakhstan." *Pomiculture and small fruits culture in Russia* 65, (2021): 87–92. (in russian) <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-65-87-92>.

49. Umiraliyeva Zh.Z., Kopzhassarov B.K., Jaimurzina A.A., Beknazarova Z.B. “Integrated system for protecting apple trees from fire blight in the conditions of the south-east of Kazakhstan.” *Research, results* 93, no. 1 (2022): 60–69. (in russian) <https://doi.org/10.37884/1-2022/08>.
50. Choi D.H., Choi H.J., Kim Y.J., Lim Y.J., Lee I., Park D.H. “Screening of bacterial antagonists to develop an effective cocktail against *Erwinia amylovora*.” *Research in plant disease* 28, no. 3 (2022): 152–161. <https://doi.org/10.5423/rpd.2022.28.3.152>.
51. Broggin G.A.L., Duffy B., Holliger E., Schärer H.J., Gessler C., Patocchi A. “Detection of the fire blight biocontrol agent *Bacillus subtilis* BD170 (Biopro®) in a swiss apple orchard.” *European journal of plant pathology* 111, no. 2 (2005): 93–100. <https://doi.org/10.1007/s10658-004-1423-x>.
52. Baidalinov A.I., Shemshura O.N., Ismailova E.T., Dzhakibayeva G.T., Tleubekova D.A., Baimakhanova G.B., Kenzheev Sh.T. “Estimation of the biosafety of *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain, promising as a basis of biopreparation against bacterial burn of fruit crops.” *Microbiology and virology* 4, no. 35 (2022): 38–47. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2021.04.03>.
53. Shemshura O., Alimzhanova M., Ismailova E., Molzhigitova A., Daugaliyeva S., Sadanov A. “Antagonistic activity and mechanism of a novel *Bacillus amyloliquefaciens* MB40 strain against fire blight.” *Journal of plant pathology* 102, no. 3 (2020): 825–833. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00515-4>.
54. Sadanov A.K., Suleimenova Z.B., Ismailova E.T., Shemshura O.N., Baimakhanova B.B., Baimakhanova G.B., Bisko N.A., Molzhigitova A.E., Yelubayeva A.E., Tleubekova D.A. “Fire blight of fruit crops.” *Microbiology and virology* 1, no. 40 (2023): 35–46. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.01.02>.
55. Roselló G., Bonaterra A., Francés J., Montesinos L., Badosa E., Montesinos E. “Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*.” *European journal of plant pathology* 137, no. 3 (2013): 621–633. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0275-7>.
56. Sadanov A.K., Kuldibayev N.M., Ismailova E.T., Shemshura O.N., Molzhigitova A.E., Turlybayeva Z.Zh., Yelubayeva A.E., Baimakhanova G.B., Baimakhanova B.B. “Screening of antagonistic activity of lactic acid bacteria strains against *Erwinia amylovora*.” *Science and innovation* 2, no. 8 (2023): 162–168. (in russian) <https://10.5281/zenodo.8353509>.
57. Dzhakibayeva G.T., Sadanov A.K., Ismailova E.T., Baymakhanova B.B., Molzhigitova A.E., Baymakhanova G.B., Shemshura O.N., Alimzhanova M.B., Tleubekova D.A., Yelubayeva A.E. “Evaluation of the inhibitory activity of collection yeast cultures against the causative agent of bacterial burn *Erwinia amylovora*.” *Microbiology and virology* 2, no. 41 (2023): 173–82. <https://doi.org/10.53729/mv-as.2023.02.11>.
58. Kairova G., Pozharskiy A., Daulet N., Solomadin M., Sandybayev N., Khusnitdinova M., Nizamdinova G., Sapakhova Z., Gritsenko D. “Evaluation of fire blight resistance of eleven apple rootstocks grown in Kazakhstani fields.” *Applied sciences* 13, no. 20 (2023): 1–14. <https://doi.org/10.3390/app132011530>.

Авторлар туралы мәлімет:

Кузовлев Владимир Анатольевич – биология ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, vlad.kuzovlev@mail.ru).

Искакова Гульнур Аюповна (корреспондент автор) – PhD докторант, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институтының геном зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, g.iskakova83@gmail.com).

Жармухамедова Галия Ауқеновна – биология ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты, Тетис ғылыми қоғамы (Алматы, Қазақстан, galiya16021957@gmail.com).

Джуманова Жұлдызай Кабыловна – ауылшаруашылық ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты, Тетис ғылыми қоғамы (Алматы, Қазақстан, dzhumanova.zhuldyz@mail.ru).

Хакимжанов Айдар Атымтаевич – биология ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, a.khakimzhanov@mail.ru).

Меңдеш Асель Мұратқызы – магистр, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, neobe83@mail.ru).

Байсапарова Дина Оралбаевна – магистр, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, dina15061976@gmail.com).

Олжас Русланұлы – магистрант, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институты (Алматы, Қазақстан, oljas1497@gmail.com).

Исмагулова Гульнара Акимжановна – биология ғылымының кандидаты, М.А. Айтхожин атындағы молекулалық биология және биохимия институтының геном зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан, i_gulnara@mail.ru).

Information about authors:

Kuzovlev Vladimir Anatolyevich – candidate of biological sciences, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, vlad.kuzovlev@mail.ru).

Iskakova Gulnura Ayupovna (corresponding author) – PhD candidate, researcher of the Genome Laboratory of the MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, g.iskakova83@gmail.com).

Zharmukhamedova Galiya Aukenovna – MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Tethys Scientific Society (Almaty, Kazakhstan, galiya16021957@gmail.com).

Jumanova Zhulduzay Kabylovna – MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Tethys Scientific Society (Almaty, Kazakhstan, dzhumanova.zhuldyz@mail.ru).

Khakimzhanov Aidar Atymtaevich – candidate of biological sciences, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, a.khakimzhanov@mail.ru).

Mendesh Assel Muratkyzy – master, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, neobe83@mail.ru).

Baisaparova Dina Oralbayevna – master, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, dina15061976@gmail.com).

Olzhas Ruslanuly – master student, MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, oljas1497@gmail.com).

Ismagulova Gulnar Akimzhanovna – candidate of biological sciences, Head of the Genome Laboratory of the MA. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry (Almaty, Kazakhstan, i_gulnara@mail.ru).

Информация об авторах:

Кузовлев Владимир Анатольевич – к. б. н., Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: vlad.kuzovlev@mail.ru);

Искакова Гульнур Аюповна (корреспондент-автор) – PhD, научный сотрудник Лаборатории генома Института молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: g.iskakova83@gmail.com);

Жармухамедова Галия Аукеновна – к. б. н., Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина, Научное общество «Тетис» (Алматы, Казахстан, e-mail: galiya16021957@gmail.com);

Джуманова Жулдызай Кабыловна – к. с.-х. н., Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина, Научное общество «Тетис» (Алматы, Казахстан, e-mail: dzhumanova.zhuldyz@mail.ru);

Хакимжанов Айдар Атымтаевич – к. б. н., Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: a.khakimzhanov@mail.ru);

Меңдеш Асель Мұратқызы – магистр, Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: neobe83@mail.ru);

Байсапарова Дина Оралбаевна – магистр, Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: dina15061976@gmail.com);

Олжас Русланұлы – магистрант, Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: oljas1497@gmail.com);

Исмагулова Гульнара Акимжановна – к. б. н., заведующая лабораторией генома Института молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина (Алматы, Казахстан, e-mail: i_gulnara@mail.ru).

Поступила 23 апреля 2025 года

Принята 20 сентября 2025 года