

Г.А. Искакова\*<sup>1</sup>, А. Хасейин<sup>1</sup>, Б.К. Тезекбаева<sup>1</sup>, Ю.М. Ефремова<sup>1,2</sup>,  
Г.А. Исмагулова<sup>1</sup>, Н.П. Малахова<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>М.А. Айтхожин атындағы молекулярлық биология және биохимия институты, Алматы қ., Қазақстан, g.iskakova83@gmail, leogold24@mail.ru, bota151283@mail.ru, i\_gulnara@mail.ru, tasha\_malakhova@mail.ru

<sup>2</sup>Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Алматы қ., Қазақстан, udyo@inbox.ru

## КАРТОПТЫҢ (SOLANUM TUBEROSUM L.) САУЫҚТЫРЫЛҒАН МАТЕРИАЛЫН АЛУ ҮШІН АЭРОПОНИКАДА ӨСІРУ ЖАҒДАЙЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

### Аңдатпа

Сапалы отырғызу материалын алу мақсатында Ақсор картоп сортының 10 цисгендік линиясын, инновациялық бағыт болып табылатын аэропоника жүйесінде өсіру жағдайын оңтайландыру жұмыстары жүргізілді. Сынауықта өскен картоп регенерант-өсімдіктерін реттелетін микровентиляциясы бар, зарарсыздандырылған агробокстарда бейімдеу арқылы аэропоникаға көшу кезінде болатын күйзелісті азайтуға және өсімдіктердің тіршілік деңгейін арттыруға мүмкіндік берді. Бұл өсімдіктердің *in vitro* жағдайдан *in vivo* жағдайларына көшу кезінде жоғары тіршілігін қамтамасыз етіп, өркен мен микротүйнектердің белсенді қалыптасуына ықпал етті. Цисгенді картоп линиялары арасындағы түйнек өлшемдерінің өнімділігі мен өсуіне салыстырмалы талдау жүргізілді.

Зерттеу жұмысы барысында Ақсор картоп сортының цисгендік линияларын аэропоникада өсіру кезінде 376 дана түйнектер алынды. Оның 4,9-8,5% пайызы 30-55 мм микротүйнектер болса, ал минуттүйнектер 9,6-20,3% пайызын алып жатыр. Саны жағынан ТГ33, ТГ103, ТГ85 картоп линиялары ең көп шағын түйнектер берді. Картоптың Ақсор сортын аэропоникада өсіру арқылы экологиялық таза өнім ғана алынып қоймай, тамырларға қоректік заттар мен оттегінің үздіксіз жеткізілуі арқылы өсімдіктердің жылдам өсуін қамтамасыз ету, су мен қоректік ресурс үнемделіп, климаттық жағдайларға қарамастан тұрақты өнім алуға және топыраққа тән аурулар мен зиянкестерден қорғаныс қамтамасыз етіледі.

**Кілт сөздер:** аэропоника, картоп, *Solanum Tuberosum L.*, Ақсор, шағын түйнек, агробокс, жиналмалы кассета.

### Кіріспе

Картоп (*Solanum tuberosum L.*) - маңыздылығы бойынша әлемде күріш пен бидайдан кейін үшінші орын алатын негізгі азық-түлік дақылы болып табылады [1]. БҰҰ-ның Азық-түлік және ауылшаруашылық ұйымының (ФАО) мәліметтері бойынша, егілген алқаптардың қысқаруына қарамастан, Еуропа мен Солтүстік Америкада түйнек өндірісі өсуде. Қазіргі уақытта картоп 150-ден астам елде 20 миллион гектардан астам аумақта өсірілсе, ал әлемдік өндіріс көлемі шамамен 359 миллион тоннаны құрайды (<https://www.fao.org>). ФАО-ның болжамдары бойынша бұл көрсеткіш 2025 жылға қарай 500 миллион тоннаға, ал 2030 жылға қарай 750 миллион тоннаға жетуі мүмкін [2].

Қазақстанда 2024 жылы картоптың жалпы түсімі 2,6 млн тоннаға жетті, бұл өткен жылмен салыстырғанда 28,7%-ға жоғары. Егістік көлемі 33% пайызға артып, 122,6 мың гектарды құрады. Дегенмен, өндіріс көлемінің ұлғаюына қарамастан, картоптың тұтыну бағасының бір жыл ішінде 57,8%-ға өсуі байқалып, өнім 4,6%-ға өсіп, 272,5 ц/га-ға жетті (<https://kz.kursiv.media>). Бұл тұрақты өнімді қамтамасыз етудің және шығындарды азайтудың негізгі факторы ретінде тұқым шаруашылығы жүйесін жаңғырту қажеттілігін көрсетеді.

Картоп тұқымын өндіру – бұл фитосанитарлық қатаң бақылауды қажет ететін, шығымы мол, еңбекті көп қажет ететін ұзақ процесс. Сонымен қатар вирустық инфекциялар егін өнімділігін 50% немесе одан да көп төмендетеді, ал қолайсыз жағдайларда егіннің толық жоғалуына әкеледі. Олармен күресуде дәстүрлі сауықтыру әдістері қолданылғанымен картоптың жоғары өнімін алуға мүмкіндік бермейді. Топырақтың фитосанитарлық жағдайы мен топырақтың азуы да шектеу болады [3–6]. Тұқым шаруашылығының маусымдылығы да жағдайды қиындатады. Картоп өнімділігінің төмендігін анықтайтын факторлардың бірі – тұқымдық материалдың сапасының төмендігі. Сондықтан, фитосанитариялық тазалықты сақтаумен қатар, картоптың жоғары репродукциялы тұқымын аэропоника жүйесінде өсіру жағдайын оңтайландыру өзекті болып табылады.

Картоптың минутүйнектерін алу бағытындағы жаңа технологиялардың бірі — аэропондық қондырғыларда өсіру әдісі. Аэропоника - бұл субстратсыз технология, яғни өсімдіктердің тамыр жүйесі ауада орналасқан және мезгіл-мезгіл қоректік ерітіндімен бүркеледі. [7, 8]. Тамырлары үнемі сұйықтықта болатын гидропоникамен салыстырғанда аэропоникада тамыр жүйесіне оттегі көбірек жетіп, бұл өсімдіктердің белсенді өсуі мен дамуына ықпал етеді, сонымен қатар алынатын материалдың сапалық және сандық сипаттамаларын жақсартады [9, 10].

Минутүйнектерді аэропоникалық қондырғының қатаң бақыланатын жағдайында өсіру, өнім алу үрдісінің бақылануын арттырумен қатар, топырақ патогендерімен байланыссыз өсімдіктерді өсіруге мүмкіндік береді және көбею айналымын жеделдетіп, өнімділікті арттырады [11]. Сонымен қатар, энергия мен суды тұтыну жағынан дәстүрлі әдістерге қарағанда үнемді болып табылады. Қазақстанның агроклиматтық жағдайларына бейімделуі сапалы көшет материалдарының қолжетімділігін арттыруға және картоп бағасының өсуін тежеуге мүмкіндік береді. Алайда, әртүрлі картоп сорттары үшін аэропондық жүйелердің параметрлерін оңтайландыру мәселелері әлі толық шешілмеген және зерттеулердің көпшілігі аз генотиптерге негізделгендіктен, ұсыныстардың әмбебаптығы төмен. Осыған байланысты, өнімділік, морфогенез және өсімдіктердің төзімділігіне баса назар аудара отырып, аэропондық өсірудің оңтайлы шарттарын анықтау ғылыми зерттеудің міндеті болып табылады.

**Зерттеу мақсаты:** Ақсор картоп сортының сауықтырылған минутүйнектерін алу үшін аэропоникада өсіру жағдайын оңтандыру.

#### **Әдістер мен материалдар**

Бастапқы материал ретінде Ақсор сорт коллекциясынан 10 цисгендік картоп линиялары алынды (1-кесте).

**Кесте 1 – Ақсор сортының 10 цисгендік линиясы**

№ п.п.	Атауы	Конструкция	ДНҚ-ендірмесі бар болуы	REM ендірмесі	VNT ендірмесі
1	ТГ1	<VNT_REM>	+	+	+
2	ТГ6	<VNT_REM>	+	+	+
3	ТГ29	>VNT_REM>	+	+	+
4	ТГ33	>VNT_REM>	+	+	-
5	ТГ61	>VNT_REM>	+	+	+
6	ТГ85	>VNT_REM>	+	+	-
7	ТГ103	>VNT_REM>	+	+	-
8	ТГ29	<VNT_REM>	+	+	+
9	ТГ27	<VNT_REM>	+	+	+
10	ТГ143	<VNT_REM>	+	+	+

Сынауықта өскен картоп регенерант-өсімдікті аэропоникада өсіру жағдайына бейімдеу үшін, бастапқы кезеңдерінде микроклиматтың оңтайлы параметрлерін қамтамасыз ететін агробокстар қолданылды. Бұл агробокстар — ішінде жинақталатын кассеталар орналасқан мөлдір, жабық пластикалық бокстар және құрамында шымтезек пен перлиттің (3:1 қатынасында) аралас субстраты бар. Өсімдіктің өсуін ынталандыру үшін агробокстарда гумин

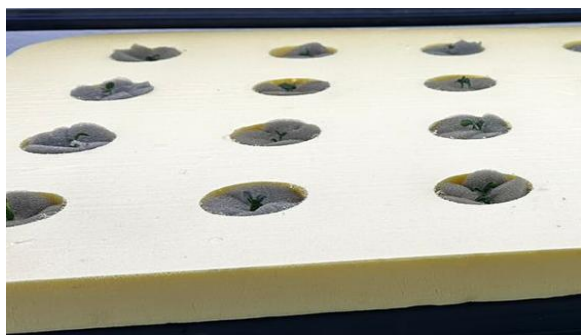
қышқылы, нано-кремний және янтарь қышқылы сияқты биологиялық белсенді заттар қолданылады (1-сурет).



Сурет 1 - Агробокс және жиналмалы кассета

Субстратқа отырғызбастан бұрын картоптың микрокесінділерін Корневин ерітіндісімен (1 г/л) өңделді. Содан кейін олар субстраты бар агробоксқа отырғызылып, пластик қақпақпен жауып, 2-3 мың люкс жарықта, 18-20°C температурада, 50% ылғалдылықта өсірілді [12].

*Тәжірибелік аэропоника қондырғысын құрастыру және іске қосу.* Қораптар жылыжайдың ұзындығы бойынша орналастырылады. Қораптың мөлшері пенополистирол парақтарының өлшемдеріне сәйкес — 3,0 × 1,5 м және 1,2 × 2,4 м. Пенополистиролдан жасалған қақпақтың жоғарғы бөлігінде көшеттерді бекітуге арналған тесіктер бар. Олар ПВХ кесінділерімен жабылады (2-сурет). Жүйе жұмыс істеген кезде бұрқуден қалған сұйықтық өздігінен қоректік ерітінді резервуарына қайта ағады.



А. Көшеттің ұяшықта бекітілуі



В. Ерітінді қондырғысы бар аэропоника қондырғысы

Сурет 2 – Қораптың конструкциясы

Қораптардың ішкі беті өсімдіктердің тамыр жүйесіне жарық түспеуін қамтамасыз ету үшін қара пластикпен қапталған. Қораптардың орталық жоғарғы бөлігінен диаметрі 16 мм болатын түтік өтеді. Оның бойында әр 60–65 см сайын бүріккіштер орналасқан. Бұл тамырларды біркелкі суару мүмкіндігін береді. Қоректік ерітінді түйіні, насос және резервуарлар жылыжайдың бір бұрышында орналасқан. Барлық қораптар резервуарға қарай көлбеу етіп орналастырылған, сондықтан артық қоректік ерітінді ауырлық күшінің әсерінен резервуарға қайта ағады.

*Қоректік заттар.* Аэропоникада тұқымдық картопты өсіру 3 кезеңде жүргізілді. Өсімдіктерді дамудың әр түрлі фазаларында барлық қажетті қоректік заттармен қамтамасыз ету үшін сынақтан өткен тыңайтқыштар таңдалды (2-кесте).

**Кесте 2 -** Аэропоникада картоп тұқымын өндіру үшін қолданылатын қоректік ерітінділер

Мерзімі	Қоректік орта	Концентрациясы 100 л
I кезең		
2 апта	Kristalon 13-40-13	80 г
	Calcinit	80 г
	KristaMag	40 г
	ИУК	5 мл
II кезең		
2 апта	Kristalon 13-40-13	100 г
	Calcinit	100 г
	KristaMag	80 г
	ИУК	10 мл
III кезең		
1,5 – 2 ай	Kristalon 18-18-18	100 г
	Calcinit	100 г
	KristaMag	80

Барлық қоректік заттар суда оңай ериді. Оңтайлы рН деңгейі 7,3-тен жоғары емес. Өсіру шарттары: жарықтандыру 6000 люкс, фотокезеңі 16/8 сағат, температура тәртібі күндіз 21-22 °С, түнде 18 °С.

«Картоптың минутүйнектерін өсірудің аэропондық технологиясы» әдістемелік ұсыныстарына және «Аэропоника жағдайында картоптың минутүйнектерін алу» технологиялық регламентіне сәйкес картоп микротүйнектері өсірілді (3-кесте) [13].

**Кесте 3 -** Аэропоника әдісімен картоптың минутүйнектерін алудың технологиялық регламенті.

Тәртібі	Бейімделу фазасы	Белсенді өсу фазасы	Түйін пайда болу фазасы
Фотокезең ұзақтығы	9/15 сағ	16/8 сағ	8/16 сағ
Жарықтығы (диод жарығы)	қызыл % көк %	қызыл % көк % люминесцентті	қызыл % көк % ультракүлгін
Жапырақ аймағының температурасы	21 °С	21-22°С	19°С
Ризосфера аймағының температурасы	19°С	19°С	18°С
Қоректену тәртібі	50% қоректік орта	100 % қоректік орта	100 % қоректік орта
РН	5,8-7,3	5,8-7,3	5,8-7,3
Фазаның ұзақтығы	2 апта	2 апта	1,5-2 ай

*Өнім жинау.* Аэропондық қондырғыда картопты өсіру кезінде өркендер пайда болуы үшін алғашқы екі айда астыңғы жапырақтарын кесіп, өсімдіктерді төмен түсіру керек [15]. Аэропондық қондырғыда отырғызылған картоп өсімдігінен 5 аптадан кейін минутүйнектер түзіле бастады. Минутүйнектерді жинау апта сайын жүргізіледі. Аэропоникада картоптың вегетация кезеңі 5,5 айға созылады. МЕМСТ 33996-2016 шартын ескере отырып, жиналатын минутүйнектердің өлшемі 9-60 мм болуы қажет және олар 2-4°С температура аралығында сақталады [16].

**Нәтижелер және талқылау**

Реттелетін микровентиляциясы бар тәжірибелік агробоксқа Ақсор картоп сортының әр 10 цисгенді линиялардан 30 шағын кесінділері отырғызылды (3-сурет).



**А** **В** **С**  
А - тығыз жабылған қақпақпен, В - қақпағында саңылаулармен, С - сыртқы ортаға бейімделген.  
**Сурет 3 –** Агробокста картоп өсімдіктерінің өсірудің әртүрлі кезеңдері

Тамырлану басталғаннан кейін 20 күн өткен соң, өсімдіктердің жапырақтың тыныстық саңылауы сыртқы ортаға біртіндеп бейімделуін қамтамасыз ету үшін агробокстың қақпағында ауа өтуге арналған саңылаулар жасалды. Тағы бір аптадан кейін қақпақ толық алынып, өсімдіктерге сыртқы жағдайларға толық бейімделу мүмкіндігі берілді. Субстрат құрғап қалмас үшін әрбір агробоксқа 100–200 мл қоректік ерітінді құйылды. Адаптациялық кезең аяқталып, Ақсор картоп сортының 10 цисгендік линиясының әрқайсысынан 28 өсімдік аэропоникаға ауыстырылды (4-сурет).

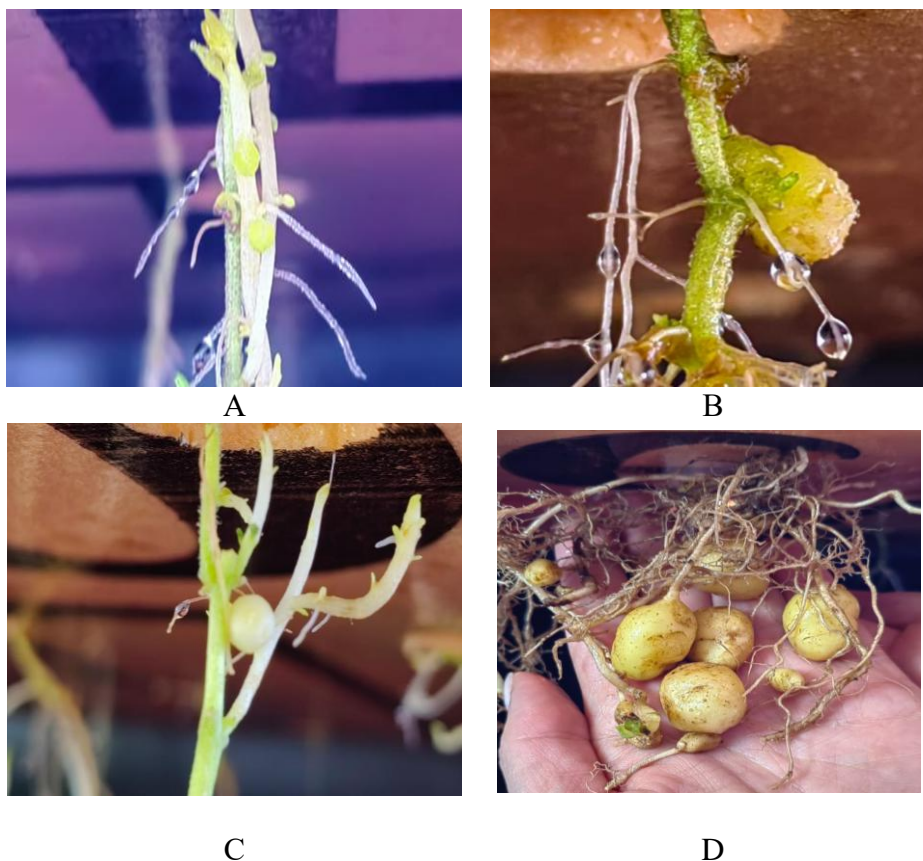


**Сурет 4 -** Картоп өсімдіктерін аэропоникада өсіру

Өркендердің жақсы қалыптасуы үшін бір айдан кейін төменгі жапырақтар алынып, картоп өсімдігін төменге түсірдік. Бұл дала жағдайында кеңінен қолданылатын қопсыту процесіне ұқсату үшін жүргізілді.

27-30 тәуліктен кейін картоп өсімдігінде өркендер түзілсе, ал 1,5-2 айдан кейін минутүйіндер түзіле бастады (5-сурет, 4-кесте). Бұл кезде III кезеңге арналған (Kristalon 18-18-18, Calcinit, KristaMag) қоректік ортасы қолданылып және 6000 люкс жарықта, фотокезеңі 16/8 сағат, 15-19°C температурада өсірілді.





А – ТГ103 картоп линиясында өркендердің түзілуі (29-шы күні), В – ТГ33 картоп линиясындағы микротүйнек, С – ТГ85 картоп линиясының микротүйнегі, Д – ТГ29 картоп линиясының 55-ші күнгі минутүйнегі.

**Сурет 5 -** Аэропоникадағы картоптың минутүйнектерінің пайда болуы

Түзілген өркендер морфологиялық белгілері бойынша ерекшеленді. Жіңішке өркендерде салмағы 5-14 г 1-2 минутүйнектер өссе, ал жуан өркендерде салмағы 2-15 г болатын 5-тен 7-ге дейін минутүйнектер пайда болды.

**Кесте 4 -** Аэропоника жағдайында Ақсор картоп сортының түйнек түзілу кезіндегі даму кезеңдері

Картоп линиясы	Өркеннің пайда болуы, тәулік	Түйіннің пайда болуы, тәулік
Ақсор	30-45	52
ТГ1	30-45	55
ТГ6	30-45	55
ТГ19	30-45	53
ТГ27	30-45	55
ТГ29	27-35	45
ТГ33	27-35	45
ТГ61	30-45	55
ТГ85	27-35	45
ТГ103	27-35	45
ТГ143	30-45	52

Осылайша, картопты аэропондық әдіспен өсіру жай ғана инновациялық технология ғана емес, бұл МЕМСТ талаптарына сәйкес келетін, жыл бойы сауықтырылған минутүйнектер алуға болатын мүмкіндік. Вегетациялық кезеңде өнім жинау жұмыстары жүргізілді (6-сурет).



А

В

А — ТГ6 картоп линиясынан алынған минутүйнектер, В — барлық алынған өнім  
**Сурет 6** - Аксор картоп сортының 10 цисгендік линиясынан алынған өнім

МЕМСТ стандарттың белгіленген талаптарына сәйкес жиналған минутүйнектердің орташа диаметрі 30,4 мм, ал орташа салмағы 11 г шамасында болды (5-кесте).

**Кесте 5** - Аксор картоп сортының шағын түйнектерінің өнімділігі мен сапасы

Линиялар	Түйіндердің саны, дана	Өнімнің мөлшері, %					
		30-55 мм	25-30 мм	20-25 мм	20-15 мм	15-10 мм	<10мм
Аксор	34	6,9	17,6	13,3	21,5	20,4	20,3
ТГ1	35	5,8	15,8	21,3	32,3	15,2	9,6
ТГ6	36	4,9	18,4	12,9	25,3	19,2	19,3
ТГ19	31	6,9	14,8	24,7	27,5	12,4	13,7
ТГ27	35	6,8	19,8	7,2	36,8	18,6	10,8
ТГ29	35	7,0	13,6	21,1	34,8	12,5	11,0
ТГ33	38	5,4	20,1	15,8	38,6	10,5	9,6
ТГ61	28	6,7	17,3	21,1	27,4	11,8	15,7
ТГ85	37	6,4	15,1	9,4	37,9	17,8	13,4
ТГ103	38	8,5	18,4	19,8	31,1	13,8	8,4
ТГ143	33	5,7	15,9	22,2	24,9	11,5	19,8

Жиналған минутүйнектердің жалпы саны 376 дана болды. Оның 4,9-8,5% пайызы 30-55 мм минутүйнектер болса, ал ең ұсақ мөлшері 9,6-20,3% пайызын алып жатыр. Картоптың ТГ33, ТГ103, ТГ85 линиялары ең көп минутүйндер берді. Бұл көрсеткіштерді негізге ала отырып, картоптың Аксор сортын аэропоникада өсуіне оңтайлы жағдай жасауға және минутүйнек дақылдарын алуға мүмкіндік береді. Аэропоника жағдайында тамыр жүйесін қажетті қоректік заттармен және оттегімен тиімді қамтамасыз ету арқасында картоптың өсуі мен дамуын жеделдетуге ықпал етті. Бұл әдіс, сондай-ақ, су мен тыңайтқышты тұтынуды айтарлықтай азайтуға, сондай-ақ топырақтан болатын ауруларды туғызбауға мүмкіндік береді. Сонымен, картоптың Аксор сортын аэропоникада өсіру арқылы экологиялық таза, сауықтырылған өнім алынды.

**Қорытынды**

Жүргізілген зерттеулер сынауықта өскен Аксор картоп сортының регенерант-өсімдіктерін бейімдеу үшін реттелетін микровентиляциясы бар тәжірибелік агробокстарды қолданудың жоғары тиімділігін көрсетті. Агробокстарда оңтайлы микроклимат жағдайларын жасау өсімдіктердің *in vitro* жағдайынан *in vivo* жағдайына өту кезінде болатын күйзеліс әсерін азайтуға және отырғызу материалының жоғары тіршілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Реттелетін микровентиляциясы бар тәжірибелік агробоксқа Аксор картоп сортының әр 10 цисгенді линиялардан 30 шағын кесінділері отырғызылды. Бір айдан кейін тамыр жүйесі қалыптасқан 28 картоп өсімдігі таңдап алынып, аэропоникаға ауыстырылды. 27-30 тәуліктен

кейін картоп өсімдігінде өркендер түзіле бастады. Түзілген өркендер морфологиялық белгілері бойынша ерекшеленді. Жіңішке өркендерде салмағы 5-14 г 1-2 минутүйнектер өссе, ал жуан өркенде салмағы 2-15 г болатын 5-тен 7-ге дейін минутүйнектер пайда болды. 2-2,5 айдан кейін картоптың барлық 10 линияларынан жалпы 376 дана картоп түйнектері жиналды. Оның 4,9-8,5% пайызы 30-55 мм минутүйнектер, ал микротүйнектер 9,6-20,3% пайызын алды. Ақсор картоп сортының 10 цисгенді линияларының ішінде ТГ33, ТГ103, ТГ85 линиялары минутүйнектердің саны бойынша жақсы көрсеткіш көрсетті. Бұл көрсеткіштерді негізге ала отырып, картоптың Ақсор сортын аэропоникада өсіруге болатыны және нәтижесінде экологиялық таза, сауықтырылған материал өнімін алуға болады.

**Алғыс айту.** Ғылыми-зерттеу жұмыстары ҚР БҒМ Ғылым комитеті бағдармалық-мақсатты қаржыландыру шеңберінде ЖКН BR21881942 «Ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыру мақсатында фитопатогендерді бақылаудың биотехнологиялық тәсілдерін әзірлеу» бағдарламасы бойынша орындалды.

### Дереккөздер тізімі

1. Jagesh K.T., Sapna D., Tanuja B., Nilofer A., Rajesh K. S., Rasna Z., Vijai K.D., Swarup K. C. // Precision phenotyping of contrasting potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties in a novel aeroponics system for improving nitrogen use efficiency: In search of key traits and genes. Journal of Integrative Agriculture. Volume 19, Issue 1, January 2020, Pages 51-61. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62625-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62625-0).
2. Дауров Д.Л., Абилда Ж.К., Календарь Р.Н., Волков Д.В., Канат Р., Аргынбаева А., Шамекова М.Х. Оптимизация регуляторов роста в жидкой питательной среде для получения микроклубней в биореакторе // Izdenister Natigeler. – 2024. -№3(103). -С. 230-239. <https://doi.org/10.37884/3-2024/26>.
3. Федорова Ю.Н., Федорова Л.Н., Тельпук М.Б. Получение мини-клубней картофеля методом аэропонии // Главный агроном. -2020. -№7.
4. Терентьева Е.В., Ткаченко О.В. Аэропонный способ получения мини клубней картофеля // Земледелие растениеводство защита растений. Известие ТСХА, выпуск 1. 2017.
5. Ялович Л.И., Власова Д.В., Липатова Т.Д., Ялович Е.А. Выращивание семенного картофеля методом аэропонии // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. - №2. –С. 48-54. –ISSN 2308-8583.
6. Víctor Otazú. Manual on quality seed potato production using aeroponics // International Potato Center (CIP), Lima, Peru. 2010. 44 p.
7. Rykaczewska K. The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture // *Plant Soil Environ.*, 2016, 62(5):210-214 | DOI: 10.17221/686/2015-PSE.
8. Buckseth T., Sharma A.K. , Pandey K. K. , Singh B. P., Muthuraj R. Methods of pre-basic seed potato production with special reference to aeroponics—A review // *Scientia Horticulturae*, Volume 204, 2 June 2016, pages 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.041>
9. Ritter E., Angulo B., Riga P., Herran C., Relloso J., San Jose M. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers // *Potato Research*. 2001. 44(2). P. 127-135. DOI: 10.1007/BF02410099.
10. Raj, Divyanshu. Ponical Farming: Exploring Hydroponics and Aeroponics Farming Techniques // *International Journal Of Applied And Behavioral Sciences (IJABS)*: doi:<https://doi.org/10.70388/ijabs250128>.
11. Muthoni J. Mbiyu M. and Kabira J.N. Up-scaling production of certified potato seed tubers in Kenya: Potential of aeroponics technology // *Journal of Horticulture and Forestry*. 2011. V 3(8). P. 238-243.
12. Srikanth T., Swetha Th. N., Appanna K., Geetha G., Basavaiah M. R.. Shoot and root zone temperatures are critical in bidirectional regulation of tuberization in potato // *Environmental and Experimental Botany* Volume 201, September 2022, 104936. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104936>.



13. Анципович В.В., Семенова З.А., Хадыко О.Н. Выращивание мини-клубней картофеля в условиях aeropоники с применением питательных растворов на основе среды Мурасиге – Скуга и водорастворимого удобрения «Leafdrip». *Земледелие и растениеводство*. 2015;(4):21-22.

14. Muthoni J., Mbiyu M., Lung'aho C., Otiemo S., and Pwaipwai P., 2017, Performance of two potato cultivars derived from in-vitro plantlets, mini-tubers and stem cuttings using aeroponics technique, *International Journal of Horticulture*, 7(27): 246-249 (doi: [10.5376/ijh.2017.07.0027](https://doi.org/10.5376/ijh.2017.07.0027)).

15. Mbiyu M.W., Muthoni J., Kabira J., Elmar G., Muchira C., Pwaipwai P., Ngaruiya J., Otiemo S. and Onditi J. Use of aeroponics technique for potato (*Solanum tuberosum*) minitubers production in Kenya // *Journal of Horticulture and Forestry*. 2012. V 4 (11). P. 172-177. DOI: [10.5897/JHF12.012](https://doi.org/10.5897/JHF12.012).

16. О.С. Хутинаев, Б.В. Анисимов, С.М. Юрлова, А.А. Мелешин. Мини-клубни методом аэрогидропонии // *Картофель и овощи*.-2016.-№11.

### References

1. Jagesh K.T., Sapna D., Tanuja B., Nilofer A., Rajesh K. S., Rasna Z., Vijai K.D., Swarup K. C. // Precision phenotyping of contrasting potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties in a novel aeroponics system for improving nitrogen use efficiency: In search of key traits and genes. *Journal of Integrative Agriculture*. Volume 19, Issue 1, January 2020, Pages 51-61. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62625-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62625-0).

2. Daurov D.L.\_ Abilda J.K.\_ Kalendar R.N.\_ Volkov D.V.\_ Kanat R.\_ Arginbaeva A.\_ Shamekova M.H. Optimizaciya reguljatorov rosta v jidkoi pitatelnoi srede dlya polucheniya mikroklubnei v bioreaktore // *Izdenister Natigeler*. – 2024. \_№3\_103,. \_S. 230\_239. [https://doi.org/10.37884/3\\_2024/26](https://doi.org/10.37884/3_2024/26).

3. Fedorova YU.N., Fedorova L.N., Tel'puk M.B. Poluchenie mini-klubnej kartofelya metodom aehrononiki // *Glavnyj agronom*. -2020. -№7.

4. Terent'eva E.V., Tkachenko O.V. Aehrononnyj sposob polucheniya mini klubnej kartofelya // *Zemledelie rastenievodstvo zashhita rastenij*. *Izvestie TSKHA*, vypusk 1. 2017.

5. Yalovik L.I., Vlasova D.V., Lipatova T.D., Yalovik E.A. Vyrashhivanie semennogo kartofelya metodom aehrononiki // *Izvestiya Velikolukskoj gosudarsvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii*. – 2024. - №2. –S. 48-54. –ISSN 2308-8583.

6. Víctor Otazú. Manual on quality seed potato production using aeroponics // *International Potato Center (CIP)*, Lima, Peru. 2010. 44 p.

7. Rykaczewska K. The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture // *Plant Soil Environ.*, 2016, 62(5):210-214 | DOI: [10.17221/686/2015-PSE](https://doi.org/10.17221/686/2015-PSE).

8. Buckseth T., Sharma A.K. , Pandey K. K. , Singh B. P., Muthuraj R. Methods of pre-basic seed potato production with special reference to aeroponics—A review // *Scientia Horticulturae*, Volume 204, 2 June 2016, pages 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.041>.

9. Ritter E., Angulo B., Riga P., Herran C., Relloso J., San Jose M. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers // *Potato Research*. 2001. 44(2). P. 127-135. DOI: [10.1007/BF02410099](https://doi.org/10.1007/BF02410099).

10. Raj, Divyanshu. Ponical Farming: Exploring Hydroponics and Aeroponics Farming Techniques // *International Journal Of Applied And Behavioral Sciences (IJABS)*: doi:<https://doi.org/10.70388/ijabs250128>.

11. Muthoni J., Mbiyu M., Lung'aho C., Otiemo S., and Pwaipwai P., 2017, Performance of two potato cultivars derived from in-vitro plantlets, mini-tubers and stem cuttings using aeroponics technique, *International Journal of Horticulture*, 7(27): 246-249 (doi: [10.5376/ijh.2017.07.0027](https://doi.org/10.5376/ijh.2017.07.0027)).

12. Srikanth T., Swetha Th. N., Appanna K., Geetha G., Basavaiah M. R.. Shoot and root zone temperatures are critical in bidirectional regulation of tuberization in potato // *Environmental and Experimental Botany* Volume 201, September 2022, 104936. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104936>.

13. Antsipovich V.V., Semenova Z.A., KHadyko O.N. Vyrashhivanie mini-klubnej kartofelya v usloviyakh aehroniki s primeneniem pitatel'nykh rastvorov na osnove sredy Murasige – Skuga i vodorastvorimogo udobreniya «Leafdrip». Zemledelie i rastenievodstvo. 2015;(4):21-22.
14. Muthoni J. Mbiyu M. and Kabira J.N. Up-scaling production of certified potato seed tubers in Kenya: Potential of aeroponics technology // Journal of Horticulture and Forestry. 2011. V 3(8). P. 238-243.
15. Mbiyu M.W., Muthoni J., Kabira J., Elmar G., Muchira C., Pwairwai P., Ngaruiya J., Otieno S. and Onditi J. Use of aeroponics technique for potato (*Solanum tuberosum*) minitubers production in Kenya // Journal of Horticulture and Forestry. 2012. V 4 (11). P. 172-177. DOI: 10.5897/JHF12.012.
16. O.S. KHutinaev, B.V. Anisimov, S.M. YUrlova, A.A. Meleshin. Mini-klubni metodom aehrohidroniki // Kartoffel' i ovoshhi.-2016.-№11.

**Г.А. Искакова<sup>\*1</sup>, А. Хасейин<sup>1</sup>, Б.К. Тезекбаева<sup>1</sup>, Ю.М. Ефремова<sup>1,2</sup>,  
Г.А. Исмагулова<sup>1</sup>, Н.П. Малахова<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Институт молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина, г. Алматы, Казахстан, g.iskakova83@gmail, leogold24@mail.ru, bota151283@mail.ru, i\_gulnara@mail.ru, tasha\_malakhova@mail.ru

<sup>2</sup>Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства, г.Алматы, Казахстан, ydyo@inbox.ru

## **ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ АЭРОПОННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННОГО МАТЕРИАЛА**

### **Аннотация**

Представлены результаты оптимизации условий выращивания 10 цисгенных линий картофеля сорта Аксор в аэропонике — инновационном направлении для получения высококачественного семенного материала. Адаптация пробирочных растений картофеля в стерильных агробоксах с регулируемой микровентиляцией позволила снизить стресс и повысить выживаемость при переходе на аэропонику. Это обеспечило высокую приживаемость растений при переходе из условий *in vitro* в *in vivo*, стимулируя активное формирование столонов и мини-клубней. Проведен сравнительный анализ продуктивности и распределения размеров клубней среди цисгенных линий картофеля.

При выращивании цисгенных линий картофеля сорта Аксор в аэропонике было получено всего 376 мини клубней. Из них 4,9–8,5% составили клубни размером 30–55 мм, а самая мелкая фракция составила от 9,6 до 20,3%. По количеству мини клубней лидировали линии ТГ33, ТГ103 и ТГ85. Выращивание картофеля сорта Аксор в аэропонике обеспечило экологически чистое производство, ускорило рост растений, позволило получать стабильный урожай независимо от климатических условий, а также снизило затраты на уход и пересадку. Аэропонный метод продемонстрировал высокую эффективность и перспективность для круглогодичного производства качественного семенного картофеля.

**Ключевые слова:** аэропоника, картофель, *Solanum Tuberosum* L., Аксор, мини клубни, агробокс, складная кассета.

**Г.А. Iskakova<sup>\*1</sup>, A. Khaseyin<sup>1</sup>, B.K. Tezekbaeva<sup>1</sup>, Yu.M. Efremova<sup>1,2</sup>,  
G.A. Ismagulova<sup>1</sup>, N.P. Malakhova<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Institute of Molecular Biology and Biochemistry named after. M.A. Aitkhozhina, Almaty, Kazakhstan, g.iskakova83@gmail, leogold24@mail.ru, bota151283@mail.ru, i\_gulnara@mail.ru, tasha\_malakhova@mail.ru

<sup>2</sup>Kazakh Research Institute of fruit and vegetable growing, Almaty, Kazakhstan, ydyo@inbox.ru

## OPTIMIZATION OF CONDITIONS FOR AEROPONIC CULTIVATION OF POTATOES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) TO OBTAIN HEALTHIER MATERIAL

### *Abstract*

The article presents the results of optimization of growing conditions for 10 cisgenic lines of the Aksor potato variety in aeroponics, an innovative approach to obtaining high-quality seed material. Adaptation of test-tube potato plants in sterile agroboxes with controlled microventilation reduced stress and increased survival during the transition to aeroponics. This ensured high survival of plants during the transition from in vitro to in vivo conditions, stimulating the active formation of stolons and minitubers. A comparative analysis of the productivity and distribution of tuber sizes among cisgenic potato lines was carried out.

A total of 376 minitubers were obtained when growing cisgenic lines of the Aksor potato variety in aeroponics. Of these, 4.9–8.5% were tubers sized 30–55 mm, and the smallest fraction ranged from 9.6 to 20.3%. The TG33, TG103, and TG85 lines were in the lead in terms of the number of minitubers. Growing the Aksor potato variety in aeroponics ensured environmentally friendly production, accelerated plant growth, allowed for a stable harvest regardless of climatic conditions, and reduced the costs of care and transplantation. The aeroponic method demonstrated high efficiency and promise for year-round production of high-quality seed potatoes.

**Keywords:** aeroponics, potatoes, *Solanum Tuberosum* L., Aksor, mini tubers, agrobox, folding cassette.

### **Авторлардың үлесі:**

Искакова Гульнур Аюповна – концептуализация, зерттеу, жазу.

Хасейн Алтын – зерттеу, әдістеме.

Тезекбаева Ботакоз Кулбаевна – формалды талдау, деректерді курациялау.

Ефремова Юлия – зерттеу, әдістеме.

Исмагулова Гульнара Акимжановна – тексеру, визуализация.

Малахова Наталья Петровна - қаржыландыруды, жобаны басқаруды, тексеру.

**МРНТИ 34.33.19**

**DOI** <https://doi.org/10.37884/3-2025/21>

*А.М. Тлеппаева\*, Р.Х. Кадырбеков*

*РГП «Институт зоологии» КН МНВО РК, г. Алматы, Республика Казахстан,  
atleppaeva@mail.ru, aizhan.tleppaeva@zool.kz; rustem.kadyrbekov@zool.kz*

## **ЖУКИ-ЗЛАТКИ (COLEOPTERA: BUPRESTIDAE) АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ (ЗАПАДНЫЙ КАЗАХСТАН)**

### *Аннотация*

В статье приведены данные по состоянию изученности жуков-златок (Coleoptera, Buprestidae) Актюбинской области (Западный Казахстан). Основной целью исследования является выявление видового состава жуков-златок данного региона. Была создана информационная карта маршрутных исследований с применением элементов ГИС технологий в программе Google Earth Pro 7.3.6.10201 (64-bit). В результате изучения коллекционных материалов и данных литературы, в Актюбинской области выявлено 30 видов и подвидов жуков-златок из 9 родов, 6 триб и 4-х подсемейств (Julodinae, Polycestinae, Chrysochroinae, Agrilinae). По видовому разнообразию на уровне подсемейств жуки-златки распределены следующим образом: Julodinae – 1 вид (3.3% от всей выявленной фауны), Polycestinae – 1 вида (3.3%), Chrysochroinae – 11 (36.7%), Agrilinae – 17 (56.7%). На уровне родов наиболее разнообразно на этой территории представлены роды *Agrilus* (12 видов) и