

## ТАСЫМАЛДАУ КОНТЕЙНЕРІНЕН ЖҰМЫС КОНТЕЙНЕРІНЕ МИКРОБҰЙЫМДАРЫН ҚАЙТА ТИЕУ КЕЗІНДЕГІ РОБОТ-МАНИПУЛЯТОРДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ҰСТАҒЫШЫНЫҢ МОДЕЛІ

К. Бахиева<sup>1,\*</sup>, С. Т. Каимов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті

\*e-mail: kalima06@mail.ru

### Аннотация

Бұл мақалада өсімдік микроөсірулерін *in vitro* тасымалдау контейнерінен топырақпен жұмыс істейтін контейнерге олардың микрокөбейту кезінде топырақта бейімделу сатысында жылжытуға арналған қысқышы бар инновациялық роботтың құрылымдық элементтерінің параметрлерін анықтау моделі ұсынылған.

*Зерттеудің ғылыми-тәжірибелік нәтижесі* өсімдіктердің микро өсімділерін тасымалдау контейнерінен *in vitro* жағдайында топыраққа бейімделу кезеңінде топырақпен жұмыс істейтін контейнерге ауыстыруға арналған фалангты ұстағышы бар манипуляциялық құрылғының инновациялық роботтық кешенін құру болып табылады. Микроклондық көбею және оның физикалық прототипін сынау 3000 дана сүректі микроөркендерді бейімделген, топырақта тамыры бар өсімдіктер. Алынған зерттеу нәтижелері Қазақстан Республикасындағы ғалымдардың ғылыми-техникалық әлеуетіне және бәсекеге қабілеттілігіне әсер етеді. Қазақстан Республикасында оларды көптеп өндіру үшін өсімдіктерді микроклондық көбейту технологиясын автоматтандыруға байланысты зерттеулер жоқ, оларды қолдану өсімдіктердің көп мөлшерін алуға, отырғызу материалдарының құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, инновациялық роботтық кешен бойынша зерттеулердің практикалық нәтижелері Қазақстан Республикасының елді мекендерін абаттандыру үшін басқа елдерден ағаш өсімдіктерінің отырғызу материалдарының импортын қысқартуға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты ағаш тектес өсімдіктер үшін отандық жоғары сапалы отырғызу материалына деген қажеттілік артады. Қазақстан Республикасының елді мекендерінің аумақтарын көгалдандыру мәселесін шешудің түбегейлі шешімдерінің бірі ағаш тектес өсімдіктерге олардың микроклондық көбеюі арқылы отандық жоғары сапалы отырғызу материалын алу болып табылады.

**Түйінді сөздер:** роботтық кешен, манипулятор, шамадан тыс жүктеме, микроағылым, өсімдіктердің микрокөбейтілуі, ұстау күші.

### 1. Кіріспе

Қазақстан Республикасындағы көгалдандыру мәселесін шешудің түбегейлі шешімдерінің бірі ағаш тұқымдас өсімдіктерді кейіннен масштабтау арқылы микрокөбейту арқылы отандық жоғары сапалы отырғызу материалын алу болып табылады. Өсімдіктерді микрокөбейтуді жүзеге асыратын адамдарды ауыстыру технологиялық тұрғыдан қарапайым да, экономикалық тұрғыдан да мүмкін емес (Sluis C.J., 2008). Осыған байланысты өсімдіктерді микрокөбейтудің технологиялық процесі басты мәселе болып табылады. Сынақ кезінде микропроцессорларды *in vitro* режимінде құрылғының резервуарынан топырақ жамылғысы бар жұмыс резервуарына ауыстыру үшін инновациялық роботты манипуляциялық құрылғыны құрудың маңызы артып келеді. *In vitro* процестерінде жағдайлар жасанды және олар *in vivo* ортаны қалпына келтіру болып табылады [1].

Дүние жүзіндегі табиғи ресурстардың жойылуы мен тозуының негізгі себебі қалалардың өнеркәсіптік дамуы болып табылады. Урбанизация өсімдіктердің түр құрамын, атмосфераны және топырақ жамылғысын басқарады. Биоәртүрліліктің нашарлауы нәтижесінде қоршаған ортаға, соның салдарынан адамға қысым күшейеді. Осы себепті қалалардың экологиялық жағдайын жақсарту үшін мәселелердің шешімін табудың өзектілігі тек артып келеді (Имам А.У.К., 2016). Көгалдандырудағы негізгі құралдардың бірі – ағаштарды отырғызу. Ағаш екпелері қалалардағы экологиялық жағдайды тұрақтандыру тетіктерінің бірі болып табылады. Олар ауадан әртүрлі химиялық токсиндерді сіңіреді, қаланың микроклиматының қалыптасуына қатысады және адамды қолайсыз климаттық әсерлерден қорғауды қамтамасыз етеді (Рей Бенаяс Дж.М., 2012; Джим Си Ю, 2013; Каринанос П., 2017; Дженнингс В., 2019) [2].

Алынған зерттеу нәтижелері отандық ғалымдардың ғылыми-техникалық әлеуетіне және бәсекеге қабілеттілігіне әсер етеді, өйткені әлемде және Қазақстанда өсімдіктерді көп мөлшерде алуға мүмкіндік беретін микроклондық өсімдіктерді көбейту технологиясын жаппай өндіріске автоматтандыруға қатысты зерттеулер жүргізілмеген. Отырғызу материалдарының құнын төмендету. Сондай-ақ, ғылыми-зерттеу жұмыстарының практикалық нәтижелері (инновациялық роботтық кешен) елді көгалдандыру үшін шетелден ағаш өсімдіктерінің отырғызу материалдарын импорттауды азайтады. Осыған байланысты ағаш тектес өсімдіктер үшін отандық жоғары сапалы отырғызу материалына деген қажеттілік артады [3-4].

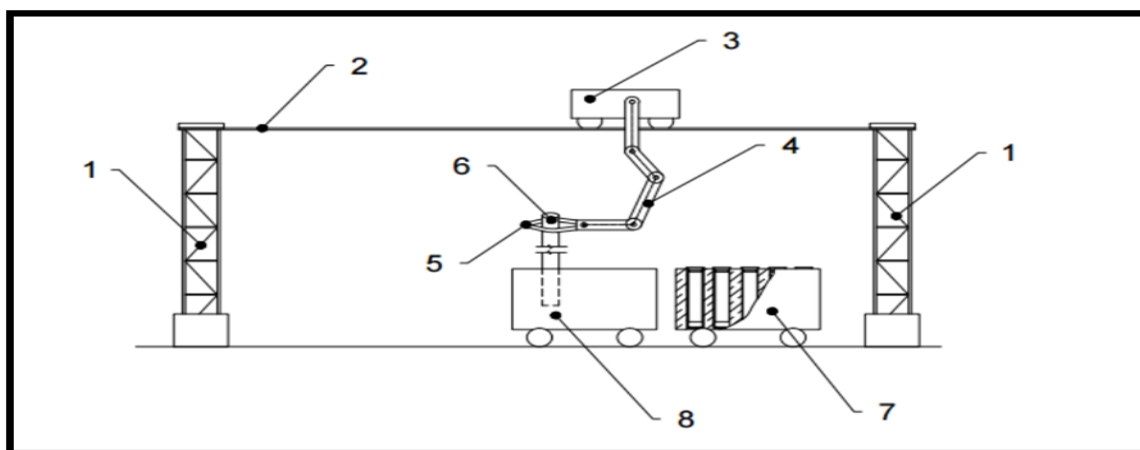
Осыған байланысты өсімдіктерді микрокөбейтудің технологиялық процесі басты мәселе болып табылады. Сынақ кезінде микропроцессорларды *in vitro* режимінде құрылғының резервуарынан топырақ жамылғысы бар жұмыс резервуарына ауыстыру үшін инновациялық роботты манипуляциялық құрылғыны құрудың маңызы артып келеді. *In vitro* процестерінде жағдайлар жасанды және олар *in vivo* ортаны қалпына келтіру болып табылады.

Жасанды жағдайлар зертханада шыны ыдыстардың ішінде бақыланатын жағдайларда қажетті компоненттер мен реагенттерді араластыру арқылы қалыптасады. Көптеген молекулярлық, биохимиялық тәжірибелер сынақ зертханаларында *in vitro* жағдайында жүргізіледі. *In vitro* әдістері өндірістің қарапайымдылығына және экономикалық тиімділігіне байланысты микроорганизмдерді пайдалана отырып, ірі фармацевтикалық препараттарды өндіруде фармацевтикалық өндірісте кеңінен қолданылады.

Роботтар қатысатын ауылшаруашылық міндеттері әртүрлі, бірақ оларды топырақ дайындау, тұқым себу, трансплантациялау, егу, дәл ұрықтандыру, кесу, жапырақты алу, обаны анықтау, жинау, кесу, егінді жою және егін жинаудан кейінгі жұмыстарға топтастыруға болады.

Ауылшаруашылық циклінің негізгі кезеңдері топырақ дайындау, отырғызу, өндіру және жинау болып табылады. Олардың әрқайсысында сіз кейбір тапсырмаларды орындауыңыз керек, олардың кейбіреулері робототехникаға ашық.

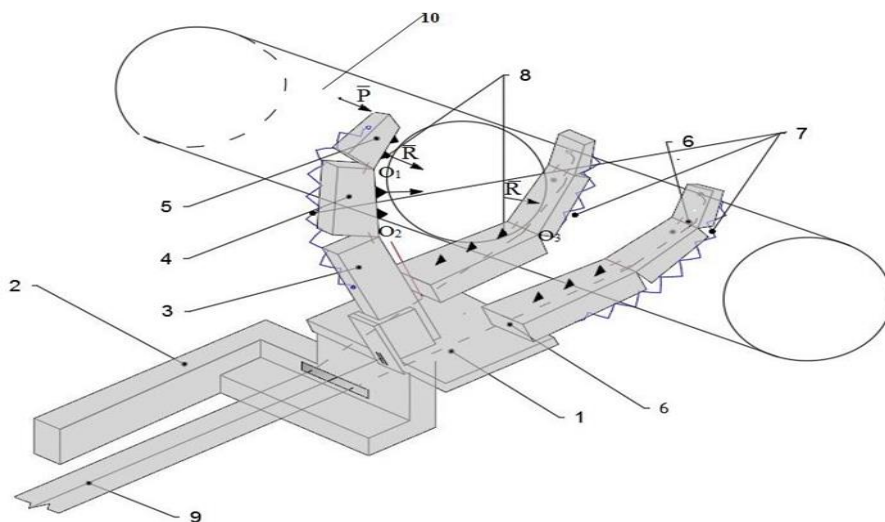
Қашықтан басқарылатын жылжымалы робот (1.1-сурет) инновациялық бейімделгіш ұстағыш жетектері бар тірек тіректерінен 1, көлденең тіреуіштен 2, көліктен 3 (доңғалақты, шынжыр табанды, жүріс және т.б.) тұрады, оған манипулятор 4 PR бекітіледі. адам қолы сияқты бірнеше дәрежелі қозғалыс еркіндігі. Ұстағыш 5 манипулятордың 4 PR шеткі бөлігіне бекітілген. Инновациялық ұстағыш 5 *in vitro* 6 аралық контейнерден 7 алынып, топыраққа 8 тасымалданады.



**Сурет 1** - Инновациялық манипулятор ұстағышын пайдалана отырып, аралық контейнерден топыраққа *in vitro* тасымалдау схемасы

Робот: 1 - тірек посты; 2 - көлденең тіреуіш; 3 - көлік құралы; 4 - манипулятор; 5 - инновациялық тұтқа; 6 - микротүсіру; 7 - аралық ыдыс; 8 - негізгі контейнер.

Бұрынғылардың [3-22] жұмыстарын талдау негізінде жұмыста робот-манипулятордың үш фалангты адаптивті ұстағыштың – ұстау құрылғысының инновациялық дизайны ұсынылған. Манипулятордың үш фалангты адаптивті ұстағышының инновациялық конструкциясы (2.2-сурет) келесі құрылымдық элементтерден тұрады: фалангтарды бекітуге арналған негіз пластина 1 - манипулятордың шеткі бөлігіне монтаждау рычагымен 2 бекітілген қысқыш рычагтар .



**Сурет 2** - Аралық контейнерден топыраққа *in vitro* арқылы қайта жүктеуге арналған робот-манипулятордың үш фалангты бейімделгіш тұтқасы.

1-плитка - қысқыш рычагтың негізгі фалангасын бекітуге арналған негіз; 2-манипулятордың бекіту иін; 3-негізгі фаланга; 4-ортаңғы фаланга; 5 бұрышты фаланга; 6-іргелес фалангтарды бір-біріне бекітуге арналған топса; 7 - қатайтатын серіппе; 8- ұстайтын тіс; 9 - икемді тартқыш элемент, 10 - *in vitro*.

## 2. Зерттеудің мақсаты мен міндеттері

Елді мекендерді көгалдандыру бүгінгі таңда басты мәселелердің бірі болып отыр. Көгалдандырудың ең тиімді жолы – орман екпелерінің экологиялық жағдайын жақсарту. Олар ауадан әртүрлі химиялық токсиндерді сіңіреді, елді мекеннің микроклиматында кездеседі және қолайсыз климаттық жағдайлардан қорғанысты арттырады (Ray Benayas J.M., 2012; Jim S.Y., 2013; Karinanos P., 2017; Jennings V., 2019). [14]

Еліміздегі елді мекендерді көгалдандыру мәселесін шешудің бір жолы – ағаш өсімдіктерін микроклондық жолмен көбейту арқылы жоғары сапалы отандық отырғызу материалын алу (Sluis C.J., 2008). Осыған байланысты бұл мақалада өсімдіктердің микроклондық көбеюінің технологиялық процесінің негізгі кезеңдерін автоматтандыру шешімі ұсынылған.

Бұл ретте биотехнологиялық әдістер қолданылды – өсімдік өсімділерін зарарсыздандыру, бүршіктерді *in vitro* ыдысына енгізу, өсімдік микроөркендерін көбейту, *in vitro* өсімдіктердің микро өсімділерін тамырлау болып табылады. Сондай-ақ келесі биотехнологиялық және өсімдік өсіру әдістері: трансплантациялау, тамырлы өсімдік клондарын топырақ субстратында бейімдеу және өсіру.

## 3. Қолданылған әдістер

Өсімдіктің микро өсімділерін түсіру кезінде қажетті қауіпсіздік шегін қамтамасыз ету шарттарынан олардың ұстау күшінің шамасы бойынша шектеулерді және ұстағыштың жанасу нүктелеріндегі серпімді ығысулар шамасының шамалылығын ескеру қажет. Өсімдіктердің микробұйымдары робот ұстағыш құрылымын жобалау 3D CAD моделін қолдану арқылы жүзеге асырылды. 3D басып шығаруды қолдану арқылы фаланкс қысқышының прототипі

жасалды. Тасымалдау цистернасынан шығарылған және жұмыс резервуарына ауыстырылған теннис допының қозғалысы мысалында өсімдік микробұтасының қозғалысын эксперименталды зерттеуі сыналған. Ұстағыштың тағы бір сынағы, мысалы, дөңгелек теннис добын ұстаудың тұрақтылығын тексеруді қамтиды, онда допты ұстағыш алдын ала белгіленген траектория бойынша максималды жылдамдықпен қозғалды, мысалы, мәні 1,0 м/с, теннис добын ұстаудың сенімділігін тексеру.

Өсімдіктердің микро өсінділерін тасымалдау контейнерінен топырақ өңдейтін контейнерге тасымалдауға арналған инновациялық қысқыш прототипі Greenlab Micropropagation компаниясында ағаш өсімдіктеріне арналған сынақтан өтті. Өнеркәсіптік робот-манипулятордың инновациялық тұтқасының құрылымдық элементтерінің параметрлерінің геометриялық, құрылымдық-кинематикалық және динамикалық мәндерін ғылыми негізделген таңдау және негіздеу үшін стохастикалық процестерді ескере отырып, оларды есептеудің математикалық моделі әзірленді. Өнеркәсіптік робот-манипулятордың үш фалангты бейімделгіш тұтқасының құрылымдық элементтерінің параметрлерінің геометриялық, құрылымдық-кинематикалық және динамикалық мәндерін оның денесінің жоғарғы бөлігімен өзара әрекеттесуінің стохастикалық процестерін ескере отырып анықтау дәлдігі, дөңгелек теннис добы, Кальман салмақ коэффициентінің оңтайлы мәнін анықтау негізінде жүзеге асырылды [1][2][3][4].

#### 4. Нәтижелер

Тұтқыштың жұмыс элементтерінің санының ұлғаюы жұмыс элементінің жанасу аймағында деформация мен кернеудің болмауы жағдайында үлкен диаметрлі сақинаны ұстау күштерінің рұқсат етілген мәндерінің ауданын кеңейтуді береді. Сондықтан, бұл зерттеуде өсімдік микробұйқасының сақиналы құрылымдық элементін түсіру жағдайлары фалангалы ұстағыштың жұмыс элементінің ішкі бетінің өсімдік микробұйқасының сыртқы бетімен жанасуының төрт, алты және сегіз нүктелерінде қарастырылады. [5-6]-да жұқа қабырғалы сақинаның ұстау күшінің максималды және ең аз рұқсат етілген мәндерін есептеуге арналған келесі формулалар тұтқаның сенімділігін қамтамасыз ету шарттарынан және серпімді ығысу мәндерінің шамалылығынан негізделген. Ұстағыштың жұмыс элементінің сақинамен жанасу нүктелері әрбір фаланганың сыртқы ішкі беттерінің басу күшінің мәні 3-5, олардың әрқайсысына әрбір ұстағыш рычагтың ұстағыш тістері 8 өсімдік микробұйымының жоғарғы бөлігінің сыртқы шектік бетіне бекітілген 10 (Сурет ). 2), [5] формуласымен анықталады:

$$P_{\max} = \frac{\sigma_{\text{дон}} l t^2}{0.3967} \quad (1)$$

$$P_{\min} = \frac{G + F_I}{8f} \quad (2)$$

мұндағы  $P_{\max}$  – ұстағыштың жұмыс элементінің сақинамен жанасу нүктелерінде шамалы серпімді қозғалыстарды орындау кезінде ұстағыш сақинаның максималды рұқсат етілген

ұстау күшінің мәні;  $\sigma_{\text{add}}$  - сақиналы қимасы бар объектінің рұқсат етілген қалыпты кернеуінің мәні;  $l$  және  $t$  - сақинаның ені мен қалыңдығы;  $P_{\min}$  – өсімдік микрошошағын сенімді ұстау үшін сақинаның сыртқы бетіндегі ең аз рұқсат етілген ұстау күшінің мәні;  $G$  – сақина салмағының мәні және  $F_I$  – сақинаға әсер ететін инерциялық күштің мәні [6].

Тұтқыш рычагтардың фалангтарының айналуын зауыттың микро өсіндісінің денесінің жоғарғы бөлігінің жанында ұстау тұтқаларының фалангтарының тірек тістерін орналастырудың ең тиімді екі нұсқасын қолдану арқылы жүзеге асыру жоспарлануда. [1]:

- ұстағыш рычагтардың фалангаларының ішкі бетінде орналасқан екі тірек тіс (2- сурет) өсімдіктің микробұйра дене бөлігінің сыртқы бетінің бір жағында, бір тірек тістің сыртқы ішкі

бетінде орналасқан. ұстағыш рычагтың фалангасының бөлігі өсімдіктің микроату денелерінің сыртқы бетінің қарама-қарсы жағында орналасқан;

- ұстағыш рычагтың фалангтарының сыртқы ішкі бетінде орналасқан екі тіреуіш тіс (3,б-сурет) өсімдіктің микробұйқасының дене бөлігінің сыртқы бетінің бір жағында және оның сыртқы ішкі беттерінде орналасқан екі ұстағыш тістер орналасқан. ұстағыш рычагтың фалангтары өсімдік микрошош денесінің сыртқы беткі бөлігінің қарама-қарсы жағына жақын орналасқан [2].

#### Әдебиеттер тізімі

1. Carinanos P., Calaza-Martínez P., O'Brien L., Calfapietra C. The cost of greening: disservices of urban trees // In The Urban Forest. – 2017. – P. 79-87.( <https://www.springerprofessional.de/en/the-cost-of-greening-disservices-of-urban-trees/12095058> )
2. Kakimzhanova A., Karimova V., Nurtaza A. Commercialization of the technology of microclonal propagation of tree plants for industrial use for greening in cities // Journal of Biotechnology. Volume 256, Supplement 30, 2017, - P. 107.
3. Ceccarelli M. Fundamentals of Mechanics of Robotic Manipulation. / Kluwer/Springer, Dordrecht, 2004. (ISBN 1-4020-1810-X).
4. Bautista Paz E., Bernardos Rodriguez R., Ceccarelli M., et al Breve historia ilustrada de las maquinas. / ETSII, Madrid, 2007. (ISBN 978-84-7484-200-5).
5. Lopez-Cajún C.S., Ceccarelli M. Mecanismos: Fundamentos cinematicos para el diseno y la optimizacion de la maquinaria. / Trillas, Ciudad de Mexico, 2008 (ISBN 978-968-24-8181-9); 2nd Edition 2013.
6. Bautista Paz E., Ceccarelli M., Echavarrí Otero J., Muñoz Sanz, J.J. A brief illustrated history of machines and mechanisms, Science and Engineering, /Book series on History of Machines and Machine Science, Vol.10, Springer, Dordrecht, 2010. DOI 10.1007/978-90-481-2512-8. ISBN: 978-90-481-2511-1.
7. Грубин И.А. Анализ процессов захватывания и отпускания деталей схватом манипулятора. /Тр. ЛПИ. – Л.: 1982, № 382. с. 88-94.
8. Колпашиников С.Н., Челпанов И.Б. Задачи инженерного расчета схватов роботов. / Актуальные вопросы применения промышленных роботов для автоматизации производства. – Владимир. ВДНТИ. 1980. с.10 – 12.
9. Захватные устройства промышленных роботов. Методические рекомендации. – М.: ВНИМС. 1982. – 55 с.
10. Челпанов И.Б., Колпашиников С.Н. Схваты промышленных роботов. – Л.: Машиностроение. 1989. – 287 с.
11. Механика промышленных роботов: Учебное пособие для ВТУЗОВ: В 3 книгах. / Под ред. К.В.Фролова, Е.И.Воробьева. – М.: Высш.шк. 1988. – 304 с.
12. Системы очувствления и адаптивные промышленные роботы. /Под ред. Е.П.Попова, В.В.Клюева. –М.: Машиностроение. – 1985. – 256 с.
13. Динамика управления роботами. / В.В.Козлов, В.П.Макарычев, А.В.Тимофеев и др. – М.:Наука. 1984. – 336 с.
14. Манипуляционные системы роботов. /Под ред. А.М. Корендясева. – М.:1989. – 472 с.
15. Задачи и методы адаптивного управления при захватывании и удержании объектов схватами роботов. /Тр.6-й Всесоюзной конференции по управлению в механических системах. – Львов. 1988.
16. Дворников Л.Ф., Спасенкова Ю.С. Двухуровневый манипулятор с замкнутой кинематической цепью. Описание изобретения к патенту № 2532751, RU. МПК В25J 9/02, F16H 21/14. 10.09.2014. Бюл. №25. - 5с.
17. Кушманов Е.А., Кушманова Л.Е., Гонухов В.П., Сажко В.А., Итович Е.П. Манипулятор. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 1355485. SU. МПК 4В25 J 18/00. 30.11.1987. Бюл.№44. – 5с.
18. Смирнов А.Б., Крушинский И.А., Борисевич А.В. Пьезоэлектрический схват. Описание изобретения к патенту №2529126. RU. МПК В25J 15/08, В25J 7/00. 27.09.2014. Бюл.№27. -9с.
19. Kashioka et al. An approach to the integrated intelligent robot with multiple sensory. Visual recognition techniques. 7th Symp on Ind. Robots. –Tokyo. 1977.
20. Куафе Ф. Взаимодействие робота с внешней средой.: Пер. с франц. – М.: Мир. 1985. – 285 с.
21. Т.Т. Қайым. Адаптирующиеся многоцелевые рабочие органы строительных и дорожных машин. /Монография. – Алматы. 1998. - 148 с.
22. Т.Т.Қайым, С.М.Сейтбаталов, Е.И. Шокаев Механизация перегрузочных работе на транспорте. /Монография. – Алматы. 2002. - 323 с.