

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

Сейткерей Бибінұр Ерланқызы

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Қант құмайының (*Sorghum bicolor* L.) соматикалық клеткаларын *in vitro* - да культивирлеу»

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы



Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Химиялық және Биохимиялық
Инженерия

Кафедра меңгерушісі

PhD докторы, қауымд. профессоры



Рафикова Х.С.

“18” мамыр 2021 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Қант құмайының (*Sorghum bicolor* L.) соматикалық клеткаларын *in vitro* - да культивирлеу»

5B070100 – «Биотехнология» мамандығы бойынша

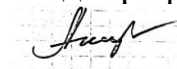
Орындаған



Сейткерей Бибінұр Ерланқызы

Ғылыми жетекші

б.ғ.д. профессор



Б.Б. Анапияев

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Сәтбаев университеті

Химиялық және биологиялық технологиялар институты

Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

5B070100 – «Биотехнология»

БЕКІТЕМІН

Химиялық және Биохимиялық
Инженерия

Кафедра меңгерушісі

PhD докторы, қауымд. профессоры

_____ Рафикова Х.С.

“7” желтоқсан 2020 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Сейткерей Бибінұр Ерланқызы

Тақырыбы «Қант құмайының (*Sorghum bicolor* L.) соматикалық клеткаларын *in vitro* - да культивирлеу»

Университет Ректорының 2020 жылғы “24” қараша №2131-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2021 жылғы 02 маусым

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері *Диплом алды өнеркәсіптік практикадан алынған материалдар*

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Құмай өсімдігін *Sorghum bicolor* L. қолданып альтернативті энергия көзі биоэтанол алу әдістерін зерттеу;

ә) Құмай өсімдігінің өсіуі мен дамуына әсер ететін факторларды зерттеу;

б) Құмай өсімдігінің өсуіне фитормондардың әсерін зерттеу және құмай өсімдігінің ауруға төзімділігін зерттеу;

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 66 атау

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылған мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Әдебиетке аналитикалық шолу	Қаңтар	Орындалды
Материалдар мен әдістер	Ақпан	Орындалды
Зерттеу қорытындылары: лабораториялық жұмыстар	Наурыз	Орындалды

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушыларының
аяқталған жұмысқа қойылған
қолтаңбалары

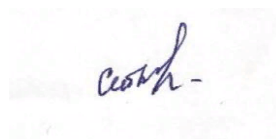
Бөлімдер атауы	Кеңесшілер аты, әкесінің аты, тегі(ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күн	Қолы
Норма бақылау	М.Е.Нурсұлтанов	15.05.21ж.	

Ғылыми жетекші б.ғ.д. профессор



Б.Б. Анапияев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Б.Е.Сейткерей

АНДАТПА

«Қант құмайының (*Sorghum bicolor* L.) соматикалық клеткаларын *in vitro* - да культивирлеу» атты дипломдық жұмыстың көлемі қағаз түрінде 34 беттен тұрады. Дипломдық жұмыс кіріспеден, 3 бөлімнен, қорытындыдан, 6 суреттен және 3 кестеден, 66 атаудан тұратын ғылыми мақалалар мен оқу құралдары көрсетілген тізімнен тұрады.

Мақсаты: Қант құмайының сомалық клеткаларын *in vitro* жағдайындағы культивирлеуде зерттеу.

Дипломдық жұмыс *Sorghum bicolor* L. шығу отанымен таралу аймағы және қолданылуна қысқаша шолу жасалынады. *Sorghum bicolor*-дан биоэтанол алу технологиясы көрсетілген. Құмай әлемдегі астық дақылдарының ішіндегі қолдану аясы бойынша бесінші орынды алатын дақылдың бірі. Сондай-ақ биоэтанолдың жалпы өнімділігі жылына 5 м³/га жетіп отыр. Кешенді тұжырымдама ауыл шаруашылық жағдайында биохимиялық және энергетикалық қызметпен біріктіру жолымен құмай –көмір қышқылын аз шығаратын, жасыл биомасса ретінде биоэтанол өндіруге бағытталған.

Түйінді сөздер: Қантты құмай (*Sorghum bicolor* L.), *in vitro*, соматикалық клетка

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа «Культура *in vitro* соматических клеток сахарного сорго(*Sorghum bicolor* L.)» на бумажном носителе состоит из 34 страниц. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, 6 рисунков и 3 таблиц, списка с указанием 66 научных статей и учебных пособий.

Цель. Исследование соматических клеток сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.) в культивировании в условиях *in vitro*.

Эта работа делает обзор о применении и распространении *Sorghum bicolor* L. в природе. Показаны способы получения биоэтанола из *Sorghum bicolor* L. Сорго- одна из культур, занимающая пятое место в области использования среди зерновых культур мира. Также производительность биоэтанола достигает 5 м³/га в год. Комплексная концепция направлена на производства биоэтанола из культур сорго, зеленой биомассы, углекислого газа, удобрений и энергии путем объединения сельскохозяйственной деятельности с биохимической и энергетической деятельностью.

Ключевые слова: *Sorghum bicolor* L., *in vitro*, культура соматических клеток

ANNOTATION

The diploma work “*Culture somatic cells of Sorghum bicolor L. in vitro*” on paper consist of 34 pages. The work consist of an introduction, 3 sections, conclusion, 6 figures and 3 tables, a list of 66 scientific articles and textbooks.

Purpose. Investigation of factors influencing the production of bioethanol from *Sorghum bicolor* L.

This work provides an overview of the use and distribution of *Sorghum bicolor* L. in nature. Methods of obtaining bioethanol from *Sorghum bicolor* L. are shown. *Sorghum* is one of the crops that occupies the fifth place in the field of use among the world's cereals. In addition, the performance of bioethanol reaches five m^3/ha per year. The integrated concept aims at producing bioethanol from *Sorghum bicolor* L. crops, green biomass, carbon dioxide, by combining agricultural activities, with biochemical and power generation activities.

Key words: *Sorghum bicolor* L., *in vitro*, somatic cell culture

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Әдебиетке шолу	10
1.1 Қант құмайының өсуіне әсер ететін орта	10
1.2 Қант құмайы(<i>Sorghum Bicolor L.</i>) дақылының шығу орталығы, таралу ареасы мен өндіруші елдер	13
1.3 Қант құмайының (<i>Sorghum bicolor L.</i>) аурулары	167
1.4 Қант құмайының(<i>Sorghum bicolor L.</i>) пайдасы мен қолданылуы	18
1.5 Қант құмайы (<i>Sorghum Bicolor L.</i>) өсімдігінің соматикалық клеткаларының тиімдігі	20
2 Материалдар мен әдістер	22
2.1 Стерилизациялық жағдайларды қамтамасыз ету шаралары	22
2.2 <i>Sorghum Bicolor L. in vitro</i> жағдайындағы соматикалық жасушалары	23
3 Зерттеу нәтижелері	25
3.1 Қант құмайы(<i>Sorghum Bicolor L.</i>) дақылының соматикалық клеткаларын бөліп алу және қоректік ортаға отырғызу	25
Қорытынды	299
Пайданылған әдебиеттер тізімі	30

КІРІСПЕ

Өзектілігі. Соңғы уақытта биотехнологиялық әдістерді қолдана отырып қантты құмай(*Sorghum Bicolor L.*) дақылының соматикалық және репродуктивті жасушаларын культивирлеу қарқынды зерттелуде.

Дақылдарды жасушаларын аудару кезінде болатын, негізгі қайта құру ол *in vitro* жағдайында. Соматикалық жасушаларды салыстырмалы сипаттамасы *in vitro* жағдайында өсірілетін жоғары өсімдік клеткалары мен жасушалары болып табылады.

Қант құмайы биоэтанол өндіру үшін пайданылады. Ол ең жоғарғы энергиялы дақыл болып саналады және оның суға қажеттілігі төмен (жүгері, күріш, бидайға қарағанда әлдеқайда төмен). Салыстырмалы түрде, құмайға -300, жүгеріге -388, бидайға -515, арпаға -543 жұмсайды. Соңғы уақытта әлемде құмай, ол қант шәрбаты, тамақ және кондитерлік өнеркәсібінде жиі қолданыла бастады. Ол түрлі сусындармен минералды суларды өндіруінде қолданылады. Қызылша мен жүгеріден алынатын қантты орнын алмастырылатын жағдайға жетті. Алынатын шырын буланғаннан кейін сахароза-глюкоза-фруктоза сиропының шығымы 1 суткада 40-50 литр, сироптағы қант 30% құрайды. Көбінесе олар бірқатар алькогольсіз сусындар мен кондитерлік өнімдердегі табиғи балдармен алмастырылады. Бұл құнды өнім қант құмайының сабақтарынан алынады, ал олардың құрамында *Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Co, Mn, Fe, S*, сондай-ақ *B1, B2, PP, E, C* дәрумендері бар. Құмайға ерекшеліктердің бірі- өсумен дамудың ерекше қолайсыз жағдайлары кезінде, өсуін тоқтатпайды және қолайла жағдайлар туындағанға дейін анабиотикалық күйде қалып, біраз уақыт қалыпта тұруы. Ол кез келген жағдайда өседі, онымен қоса +30° С...35°С Температурада дами береді және жылуды 40 С-қа дейін көтереді. Құмайға құнарлы топырақ қажет емес. Мәдениеттің үлкен арттықшылығы өсіп қана қоймай, олардың тұздануына да ықпал етеді. Бағалы құмайдың он алты генотипі (*Sorghum bicolor L.*) каллус индукциясы және құрғақшылыққа төімділігі мен генетикалық әлеуеті үшін бағаланады.

Қантты құмай өсімдігінің соматикалық жасушалар мәдениетті, биотехнология саласының ішіндегі өзекті, әрі қазіргі таңда жақсы дамытылған өндірістік биотехнология ретінде қарастырылады.

Зерттеу мақсаты: Қантты құмай (*Sorghum bicolor L.*) дақылының соматикалық жасушалары *in vitro* жағдайында культивирлеу

Зерттеу мақсатына сәйкес келесі міндеттер қойылады:

1) Қант құмайын (*Sorghum bicolor L.*) *in vitro* жағдайында өсіру динамикасын зерттеу;

2) Қантты құмайының (*Sorghum bicolor L.*) генотиптерін зертханалық жағдайда зерттеп, *in vitro* соматикалық жасуша культурасында морфогенді каллустарды қалыптастыру;

3) Алынған зерттеу нәтижелерінің практикалық бағалау.

1 Әдебиетке шолу

1.1 Қант құмайының өсуіне әсер ететін орта

Қантты құмай (*Sorghum bicolor* L.), тропикалық ортадан шыққан C4 формасындағы әлемдегі бесінші маңызды дақыл болып табылады және оны ауылөшаруа шылығында сабан, шөп, сондай-ақ сироп немесе отын (этанол)өндіру үшін пайданылуға болады. Ол әлемдегі 99 елінде 44 миллион гектар жерде өсірілуде, негізінен басқа дақылдарға қарағанда анағұрлым құрғақ жерде өсіп келе жатыр. Басқа мәдени дақылдармен салыстырғанда қантты құмай экологиялық таза [1], әсіресе оның азот мөлшері аз болғандықтан [2] әсіресе оның азот мөлшері аз болғандықтан, су қажеттіліктері [3] және оны тұтынатын су мен оны сіңіретін энергияны құрғақ затқа айналдырудағы жоғары тиімділігімен ерекшеленеді. Оңтүстік Еуропаның аудандары үшін құмайға деген қызығылушылық . оның биоэтанол өндіріуге жарамды сабақтағы қант құрамына, оның өсу қарқынына және биомассаның энергетикалық құндылығына байланысты энергетикалық дақыл ретінде қарастырылады [4].

Құмай 38 ° C-тан жоғары температурада өмір сүруін жалғастыра береді, бірақ тозандану кезінде ыстық ауа-райы мен құрғақ жел болған жағдайда өнімділік азаяды. Ең жақсы өнім беретін кез 24-27 °C температурада байқалады:

– Қантты құмай (*Sorghum bicolor* L .) үшін суға қажеттілік вегетациялық циклдің ұзақтылығына байланысты сабақ ұзындығы 350-700 мм аралығында болады;

– Қысқа вегетация цикл 90 күнді құрайды, ұзақ вегетациялық цикл 130 күннен асады;

Дамушы елдердің көптеген жартылай құрғақ аудандарында әдеттегі температура 20°C - 38°C-қа дейін, ал жылдық жауын шашын мөлшері 300-750 мм аралығында болады. Бұндай, АҚШ-та гибридті астық құмай өсіріледі. Құмай негізінен, қысқа күннің термофильді мәдени өсімдігі. Алайда, бастапқы көшеттер тұқым отырғызудың 13-15 °C жылулықта пайда болады.Тұқымның өнуі үшін ең қолайлы температура 20-25° C құрайды. Сонымен қатар, төмен температурада да жоғары сезімталдықты көрсетеді. Қантты құмай үшін минус 2-3 ° C төмен температурада өлу мүмкіндігі көп болады. Ал физиологиялық қиындықтарда , яғни топырақ пен ауа құрақшылықтарында өте төзімді. Біріншіден, құмайдың ең аз су тұтынудық коэффициенті бар, ол дегеніміз құрғақ заттың 1/300 бөлігіне ғана су кетіреді. Мысалы, Судан шөбі 1/340 бөлігі, жүгері - 1/388 бөлігіне, бидай- 1/515 бөлігі, күнбағысқа 1/895 мөлшерінде су қажет болады [5].

Қант құмайының сабақтарның химиялық құрамы пайыздық мөлшерлер бойынша: су- 65,80; сахароза- 11,25; басқа қант- 2, 75; крахмал- 5,15; ақуыздар- 2,60; сағыз- 3,31; пектинді заттар- 0,60; майлар- 0,02; шырынның мөлшері 80-90% құрайды [6].

Атап айтқанда, қантты құмай жапырақтарында қорғасын мен калмий, мырыш (Zn) және мыс (Cu) сабақтарында жиналып, ластанған топырақтан ауыр

металлдарды сіңіру қабілетін көрсетті[7]. Алғашқы уақытта, Құмайдың қоректік құрамы күріш, бидаймен салыстырылады. Құмай құрамындағы минералдар, шикі талшық, кальций, фосфор және ақуыз мөлшері күрішке қарағанда едәуір жоғары. Өсімдік өсірудің үнемі жақсаруына қарамастан, саңырауқұлақ инфекциясынан болатын айтарлықтай шығындар әлі де бар. Құмай , көптеген шөптер сияқты, ең алдымен өте жас тіндерге ие, сонымен қатар меристималық күйге кеңістікте жақын (көшеттер, жетілмеген көшет, жетілмеген гүлшоғыр, өркендер және жетілмеген эмбриондар) *in vitro*-да әсерін көрсетеді [8, 9]. Сондай- ақ, арам шөптер, құмай фенолының өндіруіне байланысты қиындықтар туындатады[10]. Баяу өсуімен пайда болған калийдің некрозы кара және күлгін пигменттер шығаратын құмай дақылдарынан байқалады [11].

Қантты құмай (*Sorghum bicolor L.*) өсімдігінің *NPK* жылына 60 т/га табиғи өнімге есептегенде, дақыл құрамында протеин- 8,44%, май-3,96%, клетчатка-26,41%, БЭВ- 48,12%, қант- 17%,кальций- 1,15%, күл- 5,74% мөлшерді көрсетті. [12] Ал топырақ құрамындағы минералды заттарға тоқталатын болсақ:

1) Нитраттармен аммоний құрамының болуы: дәнді дақылдың негізгі қоректену көзі, яғни топырақ құрамындағы нитраттармен аммоний-дың иондық түрі болып саналады. Екеуіде азоттың органикалық заттардың минералдану нәтижесінде топырақта сақталады. Бұл тыңайтқышты тиімділігі вегетацияның басымен аяқталу соңында байқалады. Тәжірибе барысында нитрат құрамы 3,3 мг/кг мөлшерін құрады, ал $N_{45}P_{45}K_{45}$ және $N_{90}P_{90}K_{90}$ дозаларында нитрат енгізгенде бұл көрсеткіш 3,8 мг/кг жоғарлады.

2) Фосфордың құрамының болуы: бұл тыңайтқышты топырақ құрамына қосу барысында вегетацияның басымен аяғына дейін жақсы сіңеді. 50% астам фосфорды топырақ құрамына сіңіру қабілеттігіне қауқарлы. Сол сияқты фосфор мөлшерін $N_{45}P_{45}K_{45}$ -57 мг/кг мөлшерінде енгізгенде ,бұл көрсеткіш $N_{90}P_{90}K_{90}$ -66 мг/кг дейінгі дозаға жоғарлады.

3) Калий құрамының болуы: калийдың қажетілігі ол көктем айының соңғы айлары, яғни мамырдың аяғында көрінеді. Сол себепті, калий құрамында осы айда енгізген дұрыс.Себебі, құмайдың өсуі мен дамуы баяулайды. Тәжірибе барысында 10 вегетацияға 54 мг/кг мөлшерінде, $N_{45}P_{45}K_{45}$ және $N_{90}P_{90}K_{90}$ енгізу нәтижесінде 65мг/к жетті [13]. Құмай мен күнбағыс өсімдіктерін тұзды стресстен қорғаудағы кремнийдің (Si) жақсы рөл атқарады. Осы зерттеудің мақсатында Si қолданудың әр түрлі формаларының жылыжай жағдайында құмай мен күнбағыс өсімдіктеріндегі микронутриенттер мен микроэлементтерді ассимиляциялауға және тиімді пайдалануға әсерін көрсетті. Екі эксперимен жылыжай жағдайында құмай және күнбағысқа жүргізіледі. Өсімдіктерге Si-нің төрт деңгейі қолданылады: Si- қолданбай; жапырақ үстіне 28,6 ммоль қойылды. L-1 ; тамырына әбқ ммоль. L-1, Si-ды қоректік ерітінді арқылы да , тамырынан тыс бүрку жүргізілді.Әрбір Si емдеу NaCl (100 мм) болмаған кезде және болған кезде қолданылды. Қолданылу отыз күн өткенен соң натрий (Na^{+}) және Si жинақталуы, қоректік заттардың сіңілуі мен пайдалану тиімділігі, құрғақ массасы өлшенді. Нәтижесінде Si қолдану Na^{+}

сіңіуін төмендету арқылы тұздылық стрессін жеңілдететінін және қоректік тиімділіктің жоғарлағанын көрсетті. Осылайша құмай өсімдіктерінің жалпы құрғақ массаның 27%- ға және құнбағысты 41%- ға өсуіне ықпал етті [14]. Мыс (Cu)- өсімдіктердің қалыпты өсуімен қажетті микроэлемент; алайда топырақтың жоғары концентрациясында мыс, көптеген физиологиялық және биохимиялық процестерге тежегіш әсерінен өсімдік жасушалары үшін ең улы металдардың бір болып табылады. Потенциалды физиологиялық және экономикалық маңыздылығына қарамастан, Cu стресстегі молекулалық механизмдеросы уақытқа дейін құмайға жақсы көмектесіп келеді [15].

Фиторемедация ластанған топырақтарды тазарту үшін экологиялық таза және үнемді өсімдік негізіндегі технология ретінде ұсынылады. Алайда, Pb фиторемедациясына екі шектеу бар. Біріншіден, Pb органикалық заттармен күрделі түзілудің, оксидтер мен саздардағы сорбцияның және коорбанаттар, гидроксидтер мен фосфаттар түрінде тұтынудың арқасында топырақта өте төмен ерігіштікке ие. Екіншіден, Фитоэкстракцияда қолдануға арналған табиғи Pb гипераккумуляторы аз. Этилендиаминтетрацет қышқылы (ЭДТА) көмегімен фиторемедация қорғасынмен (Pb) ластанған топырақты тазарту үшін жасалынады. Құмайдың топырағындағы ластануды тазарту фиторемедия үшін маңызы зор [16]. Топырақтың басым компоненттері силикат минералдары болып саналады. Осылайша, өсімдіктердің тамыра үнемі кремний қышқылына ұшырайды. Кремний тамыр тасымалдаушыларына берілітін кремийдің жоғары мөлшері көптеген биотикалық және абиотикалық стресстерге төзімділіктің жоғарлауына байланысты. Қараңғыдан туындаған картаюға кремнийдің жоғары және аз мөлшерін сіңіру үшін өзгертілген құмай (*Sorghum bicolor L.*) және арабидопсис өсімдіктерінің реакциясы картаю жолы бойымен гендердің экспрессия деңгейлерін сандық анықтау және цитокин мөлшері анықталды. Нәтижесінде, цитокининдердің күшейтілген биосинтезі арқылы әрекет ететін стрессті жеңілдететін құрал кремний екені байқалды [17]. Сонымен қатар, Брассиностериодтар (BRs) – бұл өсімдіктердің өсуін, дамуын және сәулетән анықтайтын гормондар тобы. БРС туралы биохимиялық және генетикалық ақпарат модельдік түрінде бар, бірақ бұл білімді дақын түрлеріне қолдану өте шектеулі болды. BR биосинтезі мен сигнал гендері құмай коллекциясына қолданылып келеді [18]. Кафирин, астық дақылдарының ішіндегі құмайдың негізгі сақтау ақуызы, су – спирт ертітінділерінде ерігіштік қасиеттері бар, пролиннің жоғары мөлшері мен гидролиз кезінде амиинның жоғарғы шығымдылығы бар проламинді ақуыздардың тұқымдасына жатады. Адамның ас қорыту жолындағы тамақтану сапасы мен ас қорыту фнкциясының нашарлығына байланысты соңғы жылдардан зерттеу-жұмыстары оны жаңа қосылған биоматериядар ретін пайдаланды. Яғни, құмай құрамынанда байқалып отыр[19]. Сонымен қатар, құмай гидрофобты тамыр экссудатының негізгі компаненті болып табылады (*Sorghum bicolor L.*). Бұл аллельдің болуы тамырлардың өсуімен және жетілген тамыр түктерінің дамуымен тығыз байланысты. Алайда, сорголеонның тамыр түзілуі мен биосинтезін модуляциялайтын факторлары белгілі емес. Сорголеон өндірісі өсімдіктер

дамуының алғашқы кезеңдеріне тәуелсіз болды. Тамырдың өсуіне және сорголеонды өндіруге арналған оңтайлы температура 30 °C болды, көшеттердің дамуы және сорголеонның деңгейі 25° C тен төмен және 35° C тан жоғары температурада айтарлықтай төмендеді. Осының көмегімен жапырақ түбірлерін шығаруға көмектеседі [20].

1.2 Қант құмайы(*Sorghum Bicolor L.*) дақылының шығу орталығы, таралу ареасы мен өндіруші елдер

Қантты құмайы - ежелгі заманнан бергі ең көне мәдени дақылдардың бірі. Ол Африкадан шыққан деп есептеледі. Құмай тұқымдастарының кең сорттары Африканың солтүстік –шығыс аймақтарында байқалынады және олардың құрамына Эфиопия мен Шығыс- Африкадағы Судан кіреді [21]. Біздің дәуірімізге дейінгі бірінші мыңжылдықта құмай Африканың шығыс бөлігінен Үндістанға кемелермен азық-түлік ретінде Оңтүстік Африкамен Индия арасында Оңтүстік арабиядағы Себай жолағы арқылы шамамен 3000 жыл жұмыс істеген чау трафигі арқылы жеткізілген. Бұл дақыл христиан дәуірінің басында Қытайдың айналасында Оңтүстік – Шығыс Азияның жағалауында таралған болуы мүмкін. Алайда, жоққа шығаруға болмайтын мүмкіндік –құмай Қытайға жібек сауда жолдары арқылы әлдеқайда ертерек келген болуы мүмкін. Біздің дәуірімізде 200 ж.ж немесе одан да ерте уақыттағы құмай Эфиопиядан жергілікті тайпалар арқылы Шығыс Африкаға көшіп келді, олар бұл өнімді негізінен дәнді дақылдармен өсірді. Кейінірек банту тайпасы бұл дақылды Африканың батыс және оңтүстік аймақтарындағы Саванна аймақтарына жеткізді, олар астықты негізінен сыра жасау үшін пайдаланды. Банту тайпасы кейінірек бұл өсімдікті біздің эрамыздың бірінші ғасырында Камерунның оңтүстік аймағынан және Конго орман белдеуінің оңтүстік шекарасынан [22] кеңейту кезінде көшіріп алды. Құмай, барлық көгілдір өсімдіктер сияқты, тамыр жүйесі талшықты болып келеді. Тамырларында негізгі өзегі жоқ, түйіндері жұқа, ұзын талшықтары барлық бағыттарда 60-130 см қашықтықта, шамамен 250-300 см тереңдікке жетеді. Өсімдік өскіндері топырақ бетіне шыққанда сабақтың төменгі түйіндерінен ауа (тірек) тамырлары пайда болады, олар сым тәріздес созылып, топыраққа терең енеді, екінші тамырлары 3-4 жапырақтары пайда болған кезде болады. Сонымен қатар, қосымша дәрумендер жинау процесі басталады. Қантты құмай (*Sorghum bicolor L.*) басқа дәнді дақылдардан басты айырмашылығы. Тұқымдары пісіп жетілгеннен соң, тамыры өлмейді. Жоғары дамылған және терең кететін тамыр жүйелері қамайға көптеген өсімдіктерге қол жетімде емес, топырақ қабаттарынан ылғал мен қоректік заттар алуға мүмкіндік береді. Бұл құмайдың үлкен төзімділігі мен ерекше құрғақшылыққа төзімділігіне, астықты шабылығаннан кейін қайта өсуге болатынын көрсетеді. *Sorghum bicolor L.* дәндері жылына бір рет себіледі, дәнді қоршаған қабатты тығыз жабысып алады. Оның шөбінің биіктігі 0-ден 6 м –ге дейін, терең әрі жайылып жатқан тамыры мен сабағы бар. Дәндерінің

ерекшелігі ұзындығы, қалыңдығымен ені бойынша шамамен 4:2,5:3,5 болатын, орташа салмағы 25 мг –ға жуық тегістелген шарлар тәріздес болып табылады. Түсіне тоқталатын болсақ, ақшыл- сарғыш, қоңыр , қызыл, қара- қоңыр және қоңыр- қызылды түсті болуы мүмкін, бірақ өңделгеннен кейін біріңғай қара, ақ және қызыл болып табылады(1-Сурет) [23].



Сурет 1 - Дәндердің түсі, бұл гентикалық белгі. R және Y гендерімен басқарылады

Қантты құмай алкоголь, сироптар (табиғи және жоғары фруктоза), глюкоза (сұйық және ұнтақ), өзгертілген крамалдар, мальтодекстриндер және лимон қышқылы (крахмалды қайта өңдеу өнімдері) сияқты коммерциялық өнімдері шығараны үшін бағалынады [24]. Сонымен қатар, талшықтың құрамына байланысты қантты құмайды төсек, шатыр, қоршау және қағаз өндірісі үшін пайданылынуға болады. Құмай (*Sorghum bicolor* L.) – күріш, бидай, жүгері және арпадан кейінгі маңызы зор дәнді дақылдардың бірі болып табылады(1 Кестеде көрсетілген).

Кесте 1 - Топ 15 елдердің құмай өндіру көлемі

Елдер	Ауданы (мл.га)	Өндірісі (мл.т)	Астық өнімі (т га ⁻¹)
Индия	7.38	7.00	0.95
Нигерия	4.89	6.90	1.41
Нигер	2.88	0.81	0.28
Эфиопия	2.15	3.96	1.84
Мексика	1.73	6.43	3.72
Мали	1.69	1.19	0.71
Буркина Фасо	1.68	1.51	0.90
АҚШ	1.59	5.45	3.43
Аргентина	1.01	4.46	4.40

1 кестенің жалғасы

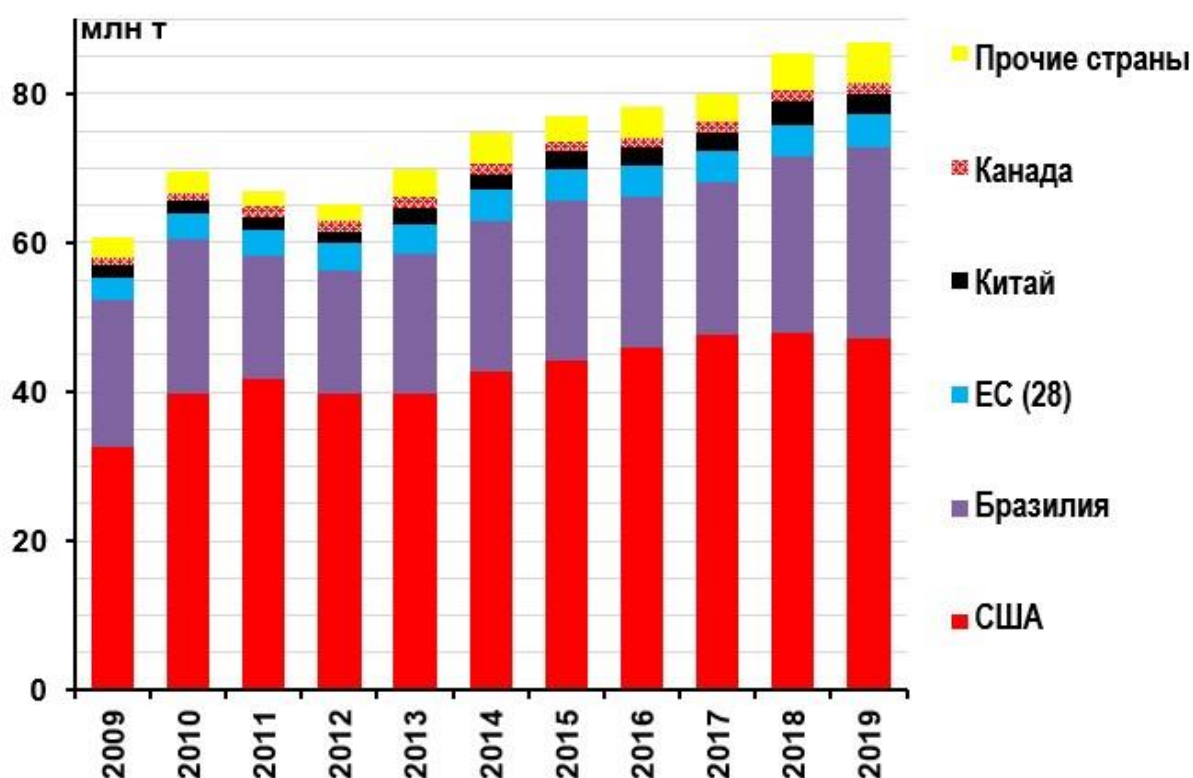
Танзания Біріккен Республикасы	0.81	0.81	0.99
Камероон	0.80	1.15	1.44
Чад	0.79	0.65	0.82
Бразилия	0.76	1.93	2.55
Мозамбик	0.64	0.50	0.79
Аустралия	0.63	1.93	3.06
Жалпы	35.48	54.2	1.53

Отын ретінде пайданылатын қантты құмай биоэтанол өндірісі үшін маңызы зор дақыл. Биоэтанолдың әлем бойынша алатын орны қазіргі таңда жақсы көрсеткіштер көрсетіп келе жатыр. Мысалы, Биоэтанол өндіруде 2015 жылғы мәліметтерге қарасақ, алдыңғы қатарды көш бастап тұрған АҚШ пен Бразилияға өнімнің 89,7 % -і. Ол дегеніміз 45 % Бразилия және 44,7 % АҚШ елдерінде өндіріледі. Негізінен Бразилияда этанолда қант қамысынан, ал АҚШ-та жүгеріден алады. Сонымен қатар Үндістан және Нишерия да ең ірі өндірушілер болып табылады [25] (2- Сурет).

Құмай өсімдігі негізінен крахмалдан тұрады, ол басқа дәнді дақылдарға қарағанда бояу сіңеді, ақуыздар мен қанықпаған липидтердің сіңімділігі төмен, сонымен қатар кейбір минералдар мен дәрумендердің көздері болып табылады. Сонымен қатар, *Sorghum bicolor*-дің көптеген сорттары фенолды қосылыстарға, әсіресе 3- дезоксиантоцианидиндерге және таиндерге бай болып келеді. *In vitro* және жануарларға арналған нәтижелер құмайдан оқшауланған фенолдық қосылыстар мен майда еритін қосылыстар (поликозаноолдар) ішек микробиотасына және сезімдік, тотығу стрессі, қабыну, қант диабетті, дислипидемия, қатерлі ісік және гипертониямен байланысты параметрлерге пайдалы әсер ететіндігін көрсетті [26].

Sorghum bicolor L. бүкіл әлемде азық-түлік дақылы ғана емес, болашағы зор биоотын шикізаты ретінде қарастырыла бастады. Биоотын –бұл биомассаны қайта өндеудің негізі негізгі экономикалық өнімі, ол қазіргі уақытта биоретификация тәсілінің құрамында қосымша құнды өнімдерді өндіру үшін қолданылады. Бүгінгі күні, бұл қосылған құн өнімдері, әдетте, коммерциялық химия және ауылшаруашылық қалдықтары болып табылады. Алайда, дәнді дақылдар мен құмай биомассаларынан құнды биоактивті қосылыстар алуға мүмкіндіктер бар. Қатерлік ісік сияқты созылмалы аурулар таралған елдерде аурушандық пен өлімнің негізгі себептері болып табылады. Сол себепті, қабынуға қарсы, антиоксидантты, қатерлі ісікке қарсы және иммуномодулярлық функциялары бойынша астық пен қантты құмайдың биологиялық белсенді қосылыстары басты назарда [27]. Құмай төрт түрлі қасиеттіне байланысты бөлінеді: астық, жем, дәрілік, тәттілігіне байланысты биомассаға айналуы. Құрылымдық емес көмірсулардың едәуір мөлшері бар гибридтерде глюкозаны крахмалдан және глюкозаны целлюлозадан экстракциялауға және дифференциациялауға ерекше көңіл бөлінуде [28].

Мировое производство топливного биоэтанола (2009-2019)



Сурет 2 - Биоэтанол өндірудің әр жылдық мөлшері [29]

XXI- ғасырда қант өндіруге арналған таптырмас дақыл ретінде қант құмайына деген қызығушылық, мұнай мен бензин өнімдерінің жетіспеушілігі не қымбаттауына әкелді және де алкогольді отын ретінде пайдалануда[30]. Басқа астық дақылдармен,оның ішінде жүгерімен салыстырғанда, қантты құмайдан этанол алу арзан, сонымен қатар жүгері, ол негізіне тамақ пен жем-шөп өндірістеріне маңызы зорырақ отын өндірісіне қарағанда.Жүгері ол қанша этанол өндірседе құмайдан арттық өндіре алмайды. Бұл зерттеуді Бразилия, Канада, Қытай, Филиппиндер, Иран, т.б сияқты басқа елдерде таралған. Құмай сонымен қатар, алкогольды ішімдіктер мен медицина үшін спирттер жасайды.Онымен қоса, қалдықтарына қағаз дайындау, экологиялық таза пакеттер ретінде пайданылады. Сонымен, *Sorghum bicolor L.* өсіру экологиялық жағдайды едәуір жақсартады. Егерде кеә жапырақты орманың бір гектары атмосферадан шамамен 16-18 тонна CO_2 сіңірсе, онда гибриді қант құмайы 55 тоннаға дейін өнім береді.

1.3 Қант құмайының (*Sorghum bicolor L.*) аурулары

Антракноза (*Colletotrichum sublineolum P. Henn., in Kabat and Bubak*) бүкіл әлемдігі құмай өндіріснің жылы және ылғалды аймақтарында құмайдың басты ауруына айналды. Ауру жапырақтардың кеш түсуі, шірік түрінде

байқалады, бірақ ең көп инфекция жапырақтарында пайда болады. Бұл дақылдың 50% -ға дейінгі жоғалуына әкеледі. Инфекция 3-4 жапырақ кезеңінен жетілген өсімдіктерге дейін жүреді, бірақ жоғары сезімталды сорттарына зияны тимеуі мүмкін. Антракноздың әсерін химиялық бақылау арқылы азайтуға болады, төзімді гендерді қосу ең үнемді және экологиялық таза тәсіл болып табылады [31].

Құмай шыбыны, *Altherigona soccata Randani* (Diptera: Muscidae)- Азиядағы, Африкадағы және Жерорта теңізіндегі Еуропадағы ең зиянды құмай зиянкестерінің бірі. *Soccata*, бұл апикальды миристеманың белсенді өсіп келе жатқан өсіндісін қамтитын орталық бүктелген жапырақтарының өлуі мен кебуінің нәтижесі. Апикальды өсудің жоғалуы нәтижесінде өңдейтін машиналар көбінесе *Altherigona soccata Randani* шабуына ұшырайды, нәтижесінде өсімнің толық тежеуін әкеліп соғады, сонымен қатар астық пен жемшөп шығыны көп ұшырайды. Дүние жүзінде құмай дақылының шығыны *Altherigona soccata Randani* келтіретін зиянынан 274 миллион АҚШ долларына бағаланады. Үндістанда *Altherigona soccata Randani* зақымдануынан болатын шығындар астықтың 90% және жемнің 45% құрайды. Зиянкестер әсіресе солтүстіктің соңғы егісінде қатты болады, бірақ кейде ерте кебу кезінде пайда болады, ал құрғақ мезгілде тек жаңбырлы маусымда шығады [32].

Colletotrichum sublineola – Құмай (*Sorghum bicolor L.*) –да антракнозды тудыратын агрессивті саңырауқұлақ патогены. Антракноздың айқын белгілері – бұл жапырақтардың кеш түсуімен сабақтарының шірігі. Құмай, әлемдегі ең көп өсірілетін дақыл, әсіресе ыстық және ылғалды ортада ауруға өте сезімтал болуы мүмкін. Соңғы жылдары оңтүстік –шығыстағы АҚШ егістігінде құмай үнемі өсуіне, биоотын өніріс үшін биоөнімдер, ал жануарлар үшін жем ретінде қарастырылып келеді. Сондықтан антракнозға төзімді болу құмайға үшін маңызды [33].

Sporisorium reilianum саңырауқұлақтары жүгері мен құмайдың, әлемдері ең маңызды екі коммерциялық дәнді дақылдардың ауруын туындырады. Саңырауқұлақ биотроп болса да, ауру өсімдікке зиянды, өйткені ол зардап шеккен құмайдың өнімділігіне толық жоғалуына әкеледі. Далада егудің негізгі көздері топырақ диплоидтық телиоспоралары болып табылады, олар қолайлы жағдайларда мейозға ұшырайды, өніп шығады және әр түрлі жұптасудың гаплоидты споридияларын тудырады [34].

Оба саңырауқұлақтары *Sporisorium reilianum* екі дәнді дақылдарда, яғни құмай мен жүгеріде обасын тудырады. Дақылдар жұқтырғанан кейін *S. reilianum haploid sporidia* қосылып, инфекция дикариотты гифалар түзеді, олар жапырақ бетіне еніп, бүкіл өсімдікке жайылып, спора пайда болатын гүл шоғырына жетеді [35].

Құрғақшылық – бұл бүкіл әлемдегі ауылшаруашылық өнімділігіне айтарлықтай әсер ететін ең жойқын абиотикалық стресс. Құрғақшылықпен реттелетін белгілердің биотикалық негізін түсіну генетикалық детерминанттарды модельдік ағзалар мен жоғары өнімді технологияларды

қолдана отырып сәйкестендіруді және терең сипаттауды қажет етеді. Құмай, құғақ аймақтарға жақсы бейімділген дәнді дақылдардың бірі [36].

Стриголактондар, өсімдік тамырларынан бөлінетін симбиотикалық арбускулярлық микроризальды саңырауқұлақтардың тамырлы паразиттік арамшөптері болып саналады (*Trifolium partense* L.). Бұл паразиттер құмай (*Sorghum bicolor* L.) тамырлы гемипаразиттік ауруларына шалдықтырады. Тамыр жағдайында, N тапшығы, сондай-ақ P тапшылығы стриглактон, 5-дикзоксистериголдың тапшылығы байқалады [37].

Паразиттік ангиоспермалардың арасында *Striga* spp. және *Orobanchaceae* тұқымдасының ішіндегі негізгі өсімдіктердің тамырларын паразит ететін ең жойғыш арамшөптер. *Striga* – гемипаразиттер, оларда функциональды хлоропластар бар, Алайда, олардың фотосинтезі тіршілік иесінің тамырларымен байланыспай тіршілік ете аламайды, сондықтан олар паразит болып табылады. Сахарадан оңтүстік Африкадағы, Таяу Шығыстағы және Азиядағы құмай, бидай, күрішті сияқты дақылдардың арамшөптері болып саналады. Олардың салдарынан ауыр және егінің толық жоғалуы жиі кездеседі. *Orobanchaceae* – бұл хлорсыз холопаразиттер, олар экономикалық маңызды қосжарнақты дақылдарға, соның ішінде қызанақ, темекі, беде, сәбіз, қияр, құнбағыс тұқымдастарына шабуыл жасайды [38].

Altherigona soccata (Rondani) (Diptera: Musidae) – құмайдың (*Sorghum bicolor* L.) маңызды зиянкестерінің бірі. Азияда, Африкада және Жерорта теңізінде Гибридті өндіріс үшін цитоплазмалық ерлердің стерильдігін (CMS) қолдану генетикалық базаның едәуір таралуына әкеледі және бұл мәдениеттің зиянды жәндіктерге осалдығын арттыруы мүмкін [39].

1.4 Қант құмайының (*Sorghum bicolor* L.) пайдасы мен қолданылуы

Құмай құрамындағы биологиялық белсенді компоненттері

Құмай дәндері және оның қосымша өнімдері денсаулықты нығайтатын ингредиенттердің, соның ішінде полифенолдарды, биологиялық белсенді дипидтерді, поликозаноолдарды, фитостреолдарды және крахмал / көмірсу фракцияларының пайдасы көп. Қант диабетінің қауіпін азайтатын гликемиялық индексі бар. Сонымен қатар, тағыздықтағы липопротеин (LDL) деңгейін төмендетеді, стрлидтармен байланысу қасиеттері және артритпен ревматизммен күрестегі рөлі жоғары. Қантты құмай құнды дақыл болып табылатындықтан, Африкадағы тамақ жетіспеушілікті қамтамасыз етіп отыр. Мұндай өнімдер коммерциялық тұрғыдан экономикалық жағдайды тұрақтайды [40].

Қантты құмай (*Sorghum bicolor* L.) алкогольдік отын өндірісі үшін өміршең энергетикалық дақыл болып саналады. Этанол, бутанол және ағаш пластиктен жасалған композиттер сияқты әртүрлі бағалы өнімдер алу үшін қантты құмай сабағын биорифинациялаудың жаңа тәсілі анықталған. Қантты құмай сабағында және оның шырынында еритін қанттардың көп

концентрациясы бар, оны ашытып, *Saccharomyces cerevisiae* этанолын алуға болады. Этанолдың жоғарғы шығымдылығы мен ашыту жылдамдығын алу үшін концентрацияланған шырын қанттың бастапқы жалпы концентрациясы 300 г/л – 1 болып ашытылды. Этанолдың максималды концентрациясы 54Н – дан кейін 140 г/л 1-ге жетті. Бұл дегеніміз, құмайдан көп мөлшерде этанол алуға болатынын дәлелі [41].

Әлемдегі құмай өндірісінің аз ғана бөлігі адам тұтыну үшін қолданылады. Алайда, Африка мен Азияда құмайдың тұтас дәндерін мен тазартылған дәндерін ұн ретінде, жұқа және қалың ашытылған түрлерін ботқа ретінде, жалпақ нан және қуырылған тағамдар сияқты тағамдарды дайындау үшін қолданылады. Мексика мен Африкада алкогольсіз ашытылған сусындар мен сыра ретінде, Қытайда алкогольмен сірке суы сияқты сусындар өндірісінде қолданылады. Құмай сонымен қатар глютенсіз тағамдада, бидайды алмастырғыш ретінде қолданылады [42].

Құмай С4 биоэнергетикалық дақылдарын құру үшін керемет генетикалық модельге айналды. Энергетикалық құмайдың жылдық будандары биоэнергияны өндіру үшін биомасса көзі болып саналады. Биоотын мұнайдан өндірілетін энергетикалық көлік биоотынымен экономикалық бәсекеге қабілетті [43].

Малдарды борлақтау алаңдарында ірі қара малын азықтандыруға байланысты шығындары шамамен 75-80% аралығы жемшөпке кетеді. Жүгері және құмай астықтарын жемшөптің энергия тығыздығын арттыру арқылы шикізаттың өнімділігімен тиімділігін жоғарлатуға қолданылады. Бұл дақылдарды әр түрлі себептермен өңдейді, соның ішінде дәмділікті жақсарту, бөлшектердің мөлшерін өзгерту, сіңімділігін арттыру, ас қорыту жылдамдылығын тездету сияқты [44].

Құмай (*Sorghum bicolor* L.) тағамдық тұрғыдан алғанда, басқа да жарма дақылдары: лизин, триптофан және треонин сияқты маңызды амин қышқылдарына тапшы. Азық -түлік дәндері- бұл май, крахмал және глюкоза сияқты әртүрлі тамақ өнімдерін өндіру үшін қолданылатын негізгі ингредиенттер. Құмай құрамындағы люпин майлар денсаулықтарды нығайтатын маңызды ингредиенттері бар. Әдетте, люпин сорттарының құрамындағы белок, олеин қышқылы, амин қышқылы және минералды құрамы тары фенолымен, антицианинмен және құмай тұқымымен салыстырғанда жоғары болады. Сонымен қатар, фруктоза мен глюкозаның көп мөлшері құмай санамасының негізі қанттары болды [45].

T.gondii инфекциясы, жаушаішілік паразит, әлем бойынша үштен бірі жұқтырады. Бұл инфекциясыны емдеуге арналған заманауи дәрі дәрмектер тиімсіздік пен жағымсыз жанама әсерлерге қарсы болды. Бұл жаңа антитоксоплазмалық препараттардың дамуын талап етеді. Қантты құмайдың жапырақтарының сығындысы (*Sorghum bicolor* L.) Африканың дәстүрлі медицинасында анемияны емдеу және жұқпалы ауруларды емдеу үшін қолданылған. Токсоплазма *T. gondii* –шартты патогенді, зоонозды, ол барлық жылы қанды және суық қанды омыртқаларға әсер етеді. Бүкіл әлемде адам халқының 30-50% -ы *T. gondii*-жұқтырған деп есептеледі, ең осал жүкті әйелдер,

сәбилер және иммунитеті төмен адамдар. Мысалы, АҚТҚ -ЖҚТБ -мен ауыратын адамдар немесе ағзаларды транспланциялау немесе қатерлі ісік терапиясынан өтетіндер жатады. Алайда, қосымша зерттеулер арқасында *S.bicolor L.* эфир майынан қатерлі ісікке арналған және кез келген оппортунистік *T.godii* инфекцияларына қарлығын көре алдық [46]. Құмай және оның компоненттері тамақтануға қолдану кезінде күріш, картоп тағы басқа дақылдарға қарағанда, асқазанда тез қорытылады дейді. Африканың ауылдық аудандарында балалардың ішеі микробиотасын батыс еуропалық микробиотасымен салыстырғанда, Африкалық балалардан жоғары ішек микробы табылған, бұған құмайдың құрамында компоненттері көмектескен [47].

Целиак ауруы, миллиондаған адамдарға әсер ететін ауыр ауру. Аррудан зардап шегетіндер бидай, қара бидай және арпа дәндерінде кездесетін проламинді ақуыздары бар өнімдерден бір жолата бас тартады. Көптеген азық түлік осы дәнді дақылдарға, әсіресе құмайға негізделгендіктен, целиак ауруы бар науқастар үшін және глютенге төзбеушілік деңгейі әртүрлі адамдар үшін қауіпсіз. Алайда, құмайдың ақуыздары, кефириндері ас қорытуға төзімді. Сол себептіде, науқастар құмайды тұтынады [48].

1.5 Қант құмайы (*Sorghum Bicolor L.*) өсімдігінің соматикалық клеткаларының тиімдігі

Қантты құмайдың соматикалық эмбриогенезге негізделген жүйе жиырма жылдан астам уақыт бойы ұлпаларды өсіру, құмайды қалпына келтіру және өзгерту үшін таңдалған әдіс болып табылады. Соматикалық эмбриогенез клондардың көбеюінде маңызды рөл атқарады. Дәстүрлі селекциялық бағдарламалармен молекулалық және жасушалық биология әдістерімен бірге соматикалық эмбриогенез коммерциялық дақылдардың прогресін арттырудың құнды құралы болып табылады. Сондықтан біздің зерттеу нысанамыз қантты құмайдың сомалық жасушаларын *in vitro* жағдайында өсіру процессіне әсер ететін факторларды зерттеу болып табылады. Соматикалық эмбриогенез клондардың көбеюінде маңызды рөл атқарады. Мәдени селекциялық бағдарламалармен қоса молекулалық және жасушалық биологиялық әдістермен бірге соматикалық эмбриогенез коммерциялық дақылдардың прогресін арттырудың құнды құралы болып табылады. Бұл ретте эксплуаттарды құруды каллустың кейінгі көбеюін және соматикалық эмбриондардың басталуын қамтиды [49].

Құмай *in vitro* реакциясы үшін дәнді дақылдар арасында ең бүлінгіш түр болып саналады, бұл генетикалық өзгеріске әкеледі. Бастапқыда, құмай мәдениетінде трансгенді өнімдердің дамуына ықпал ететін сыни параметрлері зерттеледі [50]. Бұл факторларға (1) модельдік генотип (2) идеалды эксплуатация (3) регенерацияның тұрақтылығы (4) жылдам пролиферация (5) генотиптен тәуелсіз әдістер жатады. Құмайдың генетикалық түрленуінің танымал әдістері –

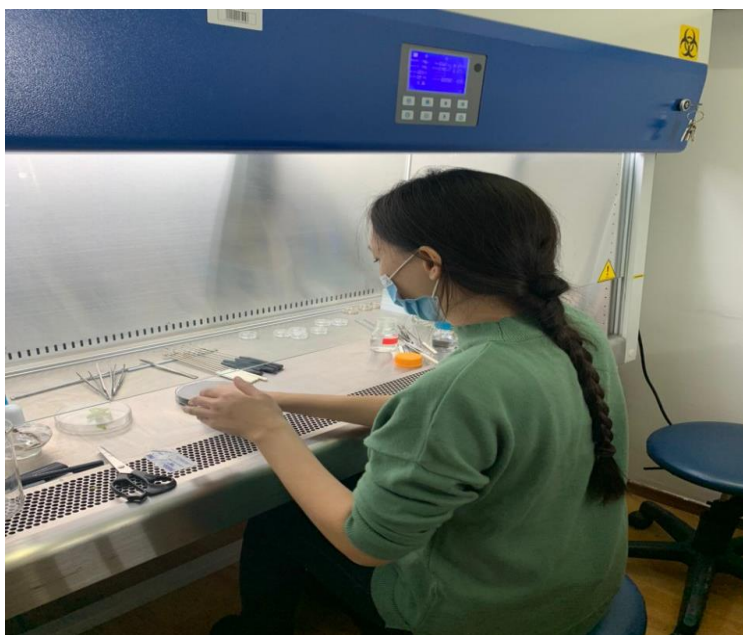
бөлшектерді жару және агробактериямен инфекция[51, 52, 53]. Генетикалық трансформацияның көптеген хаттамалары каллус индукциясы мен өсімдіктердің регенерация потенциялына байланысты. *In vitro* генотипінің реакциясын алдын-ала зерттеу трансгенді өсімдіктерді калпына келтіруге, қажеттіліктеріне сәйкес реттеледі. Басқа дәнді дақылдарда *in vitro* -да өсіру үшін жоғары сезімтал генотиптерімен қоса басқа гендерді енгізу үшін жоғары сезімталдық керек[54, 55]. Алынатын генотиптер алғашқы трансформациялық эксперименттерден бастап, агробактериямен жақын болған гендік тасмалдау әдісін соңғы енгізуге дейін қолданылады. Мұндай модельдік генотиптер құмай ішінде анықталмаған, бұл тек біреу болуы мүмкін. Қантты құмай басқа дақылдармен салыстырғанда аз прогрестің болуы. Екінші жағынан, күріш, бидай және жүгері сияқты басқа дәнді дақылдардан алынған тәжірибені құмай зерттеуіне қолдануға болады. Піскен тұқымдар *in vitro* протоколдары үшін ең қолайлы экспланттар болып табылады, өйткені оларды жыл бойы сақтауға және өңдеуге болады. Құмайда піскен тұқымның реакциясы нашар, сондықтан таңдау тұқым протоколдарын бастапқы материал ретінде жасау болып табылады [56, 57]

Қантты құмайының соматикалық жасушаларын өсіру кезінде генотиптердің көпшілігі үшін негізгі проблема *in vitro* –да өсірудің 7-8 күндерінде соматикалық жасушалар бірге бөлінетін фенолдық қосылыстар байқалынады. Фенольды қосылыстар деп айтқанымыз, хош иісті сақинаның бір немесе бірнеше гидроксильді топтарнан құралған табиғи заттар[58]. Соңғы уақытта биотехнологиялық әдістердің қарқынды зерттелуде, ал осының ішінде қантты құмайдың соматикалық және репродуктивті жасушаларды өсіру . Сондай-ақ, құмай генетика үшін керемет объект болып табылады[59]. *In vitro* құмай жасушаларын өсірудің биотехнологиялық әдістеріне өзгергіштік көзі болып табылады және мутациялық селекцияда сәтті қолданыла алады[60]. Іріктеу процесін желдету және іріктеу тиімділігін арттыру үшін қантты құмайдың сорттары мен будандарын молекулалық таңбалау әдістері қолданылады [61]. Қантты құмай дақылы биотехнологиядағы әдістер мен әдістемелер арқасында қарқынды дамып жітілдірілуде. Құмай *in vitro* -да соматикалық және репродуктивті жасушаларын өсіру немесе культивациялау бойыншы іргелі және қолданбалы зерттеулер жүргізілуде [62].

2 Материалдар мен әдістер

Sorghum Bicolor L. дақылын зерттеу жұмыстары Алматы қаласында орналасқан Сәтбаева университеті қабырғасындағы Технолопарк корпусының «Биотехнология» зертханасында тәжірибе өтті.

Зерттеу нысанының негізгі мақсаты: зерттелетін дақылдың оқшауланған клеткаларымен жұмыс жүргізу кезінде асептикалық жағдайларды қамтамасыз ете отырып, дақылға қолданатын материалдарды меңгеру, сонымен қатар залалсыздандыру әдістерін қолданып тұқым алу және каллусты жетілдіру болып саналады (3- сурет).



Сурет 3 - «Биотехнология» зертханасындағы стерильді жағдайда дақылдың клеткаларын бөліп алып, Мурасига-Скуга қоректік ортаға орналастырылу кезі

2.1 Стерилизациялық жағдайларды қамтамасыз ету шаралары

Sorghum Bicolor L. дақылының микроспоралы мен тозаңдарын алу үшін асептикалық жағдай сақталыну керек, оның басты себебі отырғызайын деп отырған қоректік ортамызға ұсақ микроораганизмдер түсіп, тез дамуына әкеліп соғады. Сонымен қоса отырғызайын деп отырған дақылымызға қарай, қоректік ортаның түрі өзгереді. Дақылдан алынатын каллус клеткалары зақымдануға бейім болады. Сол себепті, зертхана жағдайында, ламинар боксте стерильдеу жүргізіледі.

Жұмысты бастамас бұрын, Ламинар боксті 70 %- ты спиртті сұйықтықпен тазартып алу керек. Кейін бокс ішіне спирттік горельканы, спиртті ыдыс, залалсыздандырылған су мен инструменттерді орналастырамыз. Соңында

ламинар боксты екі сағат бұрын ультра- күлгін шамдарымен сәулендіріп, қолымызға қолғап киіп спиртпен тазартуымыз қажет.

2.2 *Sorghum Bicolor L. in vitro* жағдайындағы соматикалық жасушалары

Дақылдың клеткалары, түрлі мүшелерін өсіру үшін әр түрлі гормональды құрамымен бай қоректік орталар қолданылады. Қоректік ортаның орындайтын рөлі- дақылға микроэлементтер, дәрумендер мен көмірсуларды және гормондарды қамтамасыз етуі қажет.

Сұйық қоректік ортаны дайындау жолдары:

1) 1 л қоректік ортаны дайындау үшін 1 л дистильденген суды құйып аламыз, кейін 30 г сахарозаны саламыз.

2) Сахарозаны жақсылап ерітіп, өзімізге керекті мөлшерлі сұйықтықты ертінділерге(микротұздар, макротұздар, витаминдер, фитогормондарға) қосамыз.Ерітінді рН көрсеткішін 5,8-6,0- ге дейін көтереміз.

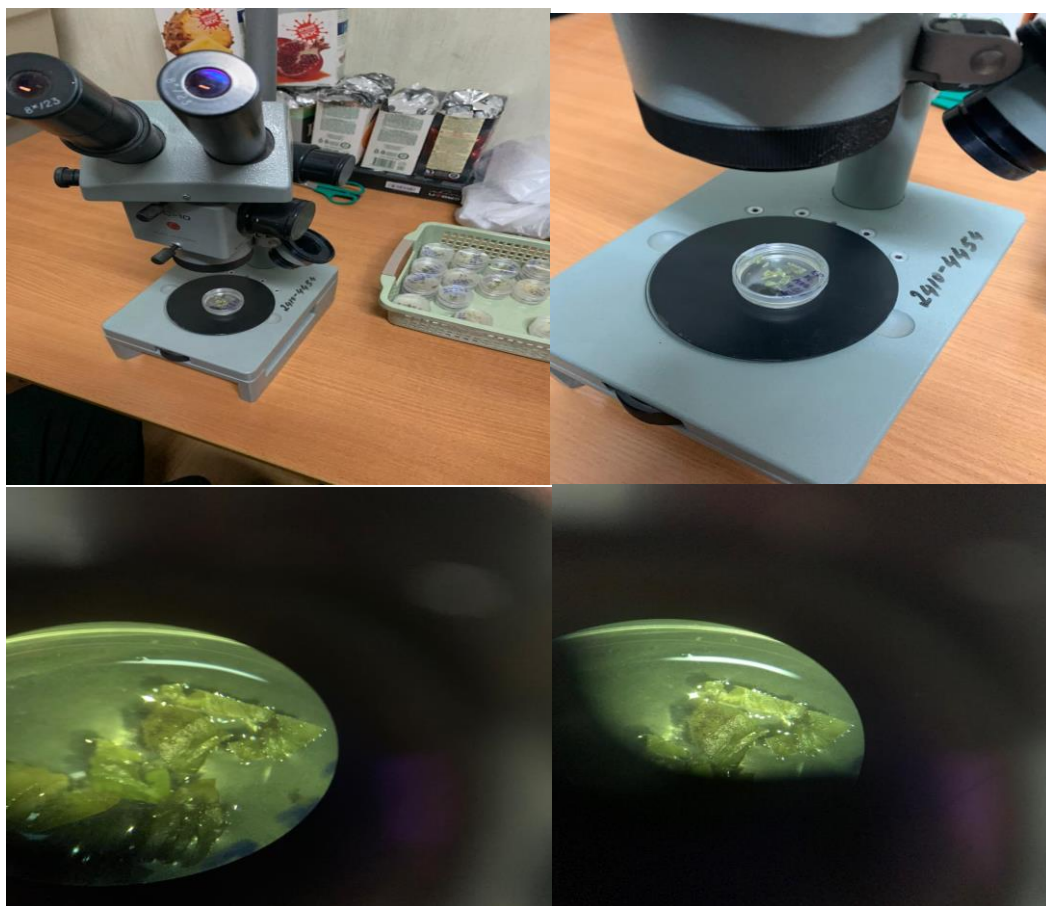
3) Тағы бөлек, дистильденген суды 950 мл-ге дейін жеткізіп толтырамыз.

4) Соңында дайын болған қоректік ортамызды 1 л колбаға немесе өлшеуіш көрсеткіші көрсетілген цилиндрлі ыдысқа құямыз.

5) Құйылған қоректік ортамыздың ауызын фольгамен жауып, суығанан кейін автоклавқа саламыз.

Қоректік орта ретінде түрлендірілген Мурасига- Скуг қоректік ортасы қолданылды.

Биотехнологиялық әдістермен культивирлеу қантты құмайды *in vitro* жағдайы үшін өзгергіштік көзі мен мутациялық селекцияда сәтті қолданады[63]. Селекциялық процесті тездету үшін, қантты құмай сорттарының тиімділігін, арттырып молекулалық таңбалау және будандарына жүргізеді[64] . Қантты құмай биотехнологиясының әдістемелері мен қолданылатын әдістері қарқынды дамып жетілуде. Сонымен қоса, қант құмайының (*sorghum bicolor L.*) тәжірибелік селекциясында, нақтырақ биотехнологиялық әдістерді кеңінен пайдалану үшін аздаған шешілмеген мәселелер мен проблемалар бар.



Сурет 4 - Өсімдіктен алынған каллус мүшесін микроскопен бақылағандағы түрі

3 Зерттеу нәтижелері

3.1 Қант құмайы (*Sorghum Bicolor L.*) дақылының соматикалық клеткаларын бөліп алу және қоректік ортаға отырғызу

Біз соматикалық клеткалардың зерттеу нысандары ретінде: *KP, MC, САХ, 14.01, АБ* өсімдіктердің ұлпалары алынды (5-Сурет). Соматикалық клеткаларды бөліп алу үшін донорлық өсімдіктер түбірдің басы көрінгенге дейін өсіріледі.

Асептикалық жағдайында жетілдірілмеген эмбриондар 20 г/л сахароза, 5 мг/л Fe- хелат, 100 мг/л мезоинозит, 2 мг/л, 2,4-Д, рН -5,7 болатын түрлендіруі бар Мурасига- Скуга қоректік ортасына орналастырылады. Жұмыс қатаң асептикалық жағдайда жүргізіледі. Ламинар бокстың астында өсімдік жапырақтарынан алынған экспланттар , асептикалық түрде оларды ауксиндер мен цитокинидердің құрамын бойынша ерекшеленетін МС агаризацияланған ортасы бар петри ыдыстарына ауыстырылады. Осыдан кейін Петри ыдыстары желімделіп, сыртына аттары жазылған соң, термостатқа салынады, температурасы 24,5 °С болатын температурада 4-5 апта сақталады.

Каллус тінінің өсімдік мәдениетіндегі морфогенезді әртүрлі факторлардың көмегімен қоздыруға болады, ол дегеніміз жарық, температура, қоректік ортаның құрамы және ең алдымен фитогориондардың қосуы. 1955 жылы Скуг пен Миллер жасушалармен тіндер мәдениетінің гормоналды реттеу гипотезасын ұсынды, ол қазірге дейін белгілі, әдетте Скуг- Миллер егер қоректік ортадағы ауксиндер мен цитокининдердің концентрациясын салыстырмалы түрде тең болғанда немесе ауксиндердің концентрациясы цитокининнен сәл асып кеткенде, онда каллус пада болады деп болжайды. Сондай-ақ ауксиндердің концентрациясы цитокининнен әлдеқайда аз болса, онда бүршіктер пайда болады. Ал егерде керісінше, ауксиндердің концентрациясы.

[65].

Қантты құмайының (*Sorghum Bicolor L.*) соматикалық клеткаларының өсіру жарық түспейтін 27 ° С температурада жүзеге асырылады [66].



Сурет 5 - Бірнеше өсімдік өскіндері отырғызылған петри табақшалары

Екінші зерттеу нысандарымыз *Sorghum bicolor* L. будандарының SUB-1, SUB-2, SUB-3, SUB-10, SUB-11, Hybrid-1 және Hybrid-2 алынды. Бұл зерттеу нысандарымыз Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы Арид (кұрғақ) жағдайының кара-қоңыр жағдайында өсірілді. Донорлық өсімдіктердің соматикалық жасушаларын бөлу үшін оларды сүт пісіру фазасына дейінгі процесті бақыладық. Қоректік орта Мурага- Скуга құрамына алдыңғы зерттеу нысанына алынған заттар 20 г/л сахароза, 5 мг/л Fe -хелат, 100 мг/л мезоинзит, 2 мг/л 2,4-Д, рН -5,7 қосылады.

Sorghum bicolor L. донорлық өсімдіктерін өсірі барысында оларды алғашқы генотиптерінен салыстырғанан недәуір өзгеріс байқалады [1- кесте]. Байқалынған *Sorghum bicolor* L. донорлық каллустарының басым бөлігінде бос паренхимиялық жасушалар көрінді [66].

Кесте 2 - *Sorghum bicolor* L. –нің *in vitro* –жағдайында соматикалық жасушаларында байқалынған Каллусогенез

№	<i>Sorghum bicolor</i> L. донорлары	Оқшауланған ұрықтардың саны	Алынған каллустардың саны	% Байқалынған каллусогенез
1	SUB-1	52	22	42,31
2	SUB-2	67	3	4,47
3	SUB-3	73	32	43,83
4	SUB-10	62	25	40,32
5	SUB-11	79	29	36,70
6	Hybrid-1	75	19	25,33
7	Hybrid-2	68	47	69,11

Sorghum bicolor L. соматикалық жасушаларын өсіру кезінде фенолдық қосылыстар пайда болады, бұл проблема *in vitro* –да өсірудің 7-10 күнінде байқалынады. Фенолдық қосылыстар негізінен : бір және екі хош иісті

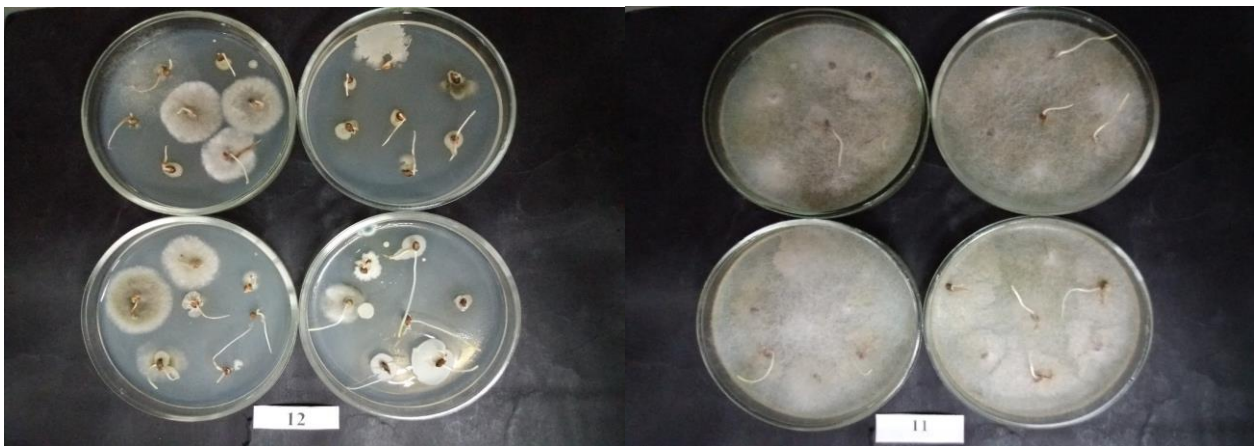
сақиналары бар, полимерлік деп бөлінеді. Бұл қосылыстар некрозды аурулардың пайда болуына әкеледі. Олардың пайда болмауы үшін Мурага-Скуг қоректік ортасына көмір, аскорбин қышқылы және кремний диоксиді қосылады. Бұл фенолдық қосылыс *Sorghum bicolor* L. каллус жасушаларының өсуіне кедергі жасайды. Сол себепті әр генотипті жеке зерттелуі керек, нәтижесінде қарқынды 39 бөлінетін меристемикалық жасушаларынан тұратын морфогенді каллустар пайда болды.

Кей морфогенді каллустардан ақ түсті болды және Мурага – Скуг пассирлеу кезінде қарқынды бөлінулер көрінді. Бірнеше генотиптерден морфогенді каллустардың пайда болуы болды, олар *Hydrid* -2 және *SUB*-3, олардың морфогенді каллустардың шығу жиілігі сәйкесінше 27,94 % және 23,28 % болады(3- кесте).

Кесте 3 – *Sorghum bicolor* L. –нің *in vitro* –жағдайында соматикалық жасушаларында байқалынған Каллусогенез

№	<i>Sorghum bicolor</i> L. донорлары	Оқшауланған ұрықтардың саны	Алынған каллустардың саны	% Байқалынған каллусогенез
1	SUB-1	52	9	2,99
2	SUB-2	67	0	0
3	SUB-3	73	17	23,28
4	SUB-10	62	8	12,90
5	SUB-11	79	6	7,59
6	Hydrid-1	75	12	16,0
7	Hydrid-2	68	19	27,94

Sorghum bicolor L. соматикалық жасушаларының дамуы кезінде морфогенді каллустардың пайда болуының орташа жиілігі *Hydrid*-1 және *SAB*-10 донорлы жасушаларында көрінді. Ең төменгі көрсеткішті *SAB*-1, *SAB*-11 генотиптерінен анықталды (6- Сурет). Тәжірибе барысында *SAB*-2 генотипінде мүлдем морфогенді каллус табылмады, осылайша каллустың түзілу жиілігін 0% көрсетті. Нәтижесінде, Қазақстанның оңтүстік шығыс аймағында өсірілген *Sorghum bicolor* L. *in vitro* - жағдайында соматикалық жасушаларынан каллус түзілуі бастапқы генотипке тәуелді екені байқалды. Сонымен қатар, *Sorghum bicolor* L.- дің абиотикалық және биотикалық стресске төзімді тұқымдары да көрінді.



SAB-12

SAB-11

Сурет 6 – Лаборатория тәжірибесінде, саңырауқұлақ пен бактериалды микрофорасымен зақымдалған

ҚОРЫТЫНДЫ

Қант құмайының (*Sorghum bicolor* L). сомалық клеткаларының морфогенез процессін жоғары деңгейде жүргізуге қабілетті ақшыл түсті каллустар іріктеп алынды және олар жаңа қоректік ортаға отырғызу кезінде тез бөлінуге және көбеюге қабілетті болатынын дәлелдеді. Тәжірибе барысында, биотикалық және абиотикалық стресс факторларына төзімділік үшін жасушалық селекцияда қолдануға болатын морфогенді каллус түзуге қабілетте қант құмайының генотиптері алынды.

Қант құмайының соматикалық жасушаларын *in vitro* өсіру кезінде каллустың түзілу жиілігі бастапқы генотипке байланысты екенің көрінді. Сондай-ақ, биотикалық және абиотикалық стресс факторларына төзімділікті жоғарлату үшін жасушалық селекция әдістерін қолдануға болатын және жоғары дәрежеде каллус түзуге қабілетті қант құмайының генотиптері анықталды.

Жүгізілген зеттеу барысында қант құмайының (*Sorghum bicolor* L). қарқынды бөлінетін меристемалық жасушалары бар тіндерден тұратын морфогендік каллустарды құра алатын генотиптерін іріктеліп алынды.

ПАЙДАНЫЛҖАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 C Dalianis Proc. 1st European Seminar on Sorghum for Energy and Industry: 15-25, 1996.
- 2 N Dercas, A Liakatas Water Resour. Manage., 2: 1585-600, 2007.
- 3 P Steduto, N Katerji, H Puertos-Molina, M Unlu, M Mastroilli, G Rana Gas exchange investigations at leaf and canopy scales. Field Crops Res., 54: 221-34, 1997.
- 4 W Zegada-Lizarazu, A Monti A review on field management practices. Biomass Bioenergy., 40: 1-12, 2012.
- 5 Пиголев И.Я. Сахарное сорго-перспективная кормовая культура // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 3. – С. 28-30.
- 6 P Zhuang, W Shu, Z Li, B Liao, J Li, J Shao J. Env. Sci., 21: 1432-1437, 2009.
- 7 Smith RH and Bhaskaran S (1986) Sorghum. In : Biotechnology in agriculture and forestry (Bajaj, Y.P.S. ed.), Springer-Verlag, New York, p. 220-223.
- 8 Tomes DT (1985) Cell culture, somatic embryogenesis and plant regeneration in maize, rice, sorghum and millets. In : Cereal Tissue and Cell culture (Bright, S.W.J. and Jones, M.G.K. eds.). Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, The Netherlands. p. 175-203.
- 9 Oberthur EE, Nicholson RL and Butler LG (1983) Presence of polyphenolic materials, including condensed tannins in sorghum callus. J. Agric. Food Chem., 31 : 660-662.
- 10 Brettell RI, Wernicke W and Thomas E (1980) Embryogenesis from cultured immature inflorescences of Sorghum bicolor. Protoplasma, 104 : 141-148.
- 11 Berenji J., Dahlberg J., Sikora V., Latković D., 2011. Origin, History, Morphology, Production, Improvement, and Utilization of Broomcorn [Sorghum bicolor(L) Moench] in Serbia. Econ Bot 65: 190-208
- 12 Шорин п.М. Продуктивность сорго в зависимости от сроков сева и удобрений в предгорьях РСО-Алания. / Шорин П.М., Зангиева Ф.Т., Икоева В.А / Известия Горского государственного университета. Т. 47, Ч. 2, Владикавказ, 2010, С. 22-25.
- 13 Зангиева Ф.Т. Влияние сроков сева и минеральных удобрений на урожайность зернового сорго в лесостепной зоне РСО-Алания. / Зангиева Ф.Т., Шорин п.М., / Вестник научных трудов молодых ученых ФГОУ ВПО «Горский государственный аграрный университет». Выпуск 46, Владикавказ, 2009, С. 15-19.
- 14 Calero Hurtado A, Aparecida Chiconato D, de Mello Prado R, da Silveira Sousa Junior G, Felisberto G. Silicon attenuates sodium toxicity by improving nutritional efficiency in sorghum and sunflower plants. Plant Physiol Biochem. 2019 Sep;142:224-233. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.07.010. Epub 2019 Jul 9. PMID: 31319370.
- 15 Roy SK, Kwon SJ, Cho SW, Kamal AH, Kim SW, Sarker K, Oh MW, Lee MS, Chung KY, Xin Z, Woo SH. Leaf proteome characterization in the context of

- physiological and morphological changes in response to copper stress in sorghum. *Biometals*. 2016 Jun;29(3):495-513. doi: 10.1007/s10534-016-9932-6. Epub 2016 Apr 11. PMID: 27067443.
- 16 Xu Y, Yamaji N, Shen R, Ma JF. Sorghum roots are inefficient in uptake of EDTA-chelated lead. *Ann Bot*. 2007 May;99(5):869-75. doi: 10.1093/aob/mcm038. PMID: 17452378; PMCID: PMC2802926.
- 17 Markovich O, Steiner E, Kouřil Š, Tarkowski P, Aharoni A, Elbaum R. Silicon promotes cytokinin biosynthesis and delays senescence in *Arabidopsis* and *Sorghum*. *Plant Cell Environ*. 2017 Jul;40(7):1189-1196. doi: 10.1111/pce.12913. Epub 2017 Apr 12. PMID: 28102542.
- 18 Mantilla Perez MB, Zhao J, Yin Y, Hu J, Salas Fernandez MG. Association mapping of brassinosteroid candidate genes and plant architecture in a diverse panel of *Sorghum bicolor*. *Theor Appl Genet*. 2014 Dec;127(12):2645-62. doi: 10.1007/s00122-014-2405-9. Epub 2014 Oct 19. PMID: 25326721.
- 19 Xiao J, Chen Y, Huang Q. Physicochemical properties of kafirin protein and its applications as building blocks of functional delivery systems. *Food Funct*. 2017 Apr 19;8(4):1402-1413. doi: 10.1039/c6fo01217e. PMID: 28256656.
- 20 Dayan FE. Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. *Planta*. 2006 Jul;224(2):339-46. doi: 10.1007/s00425-005-0217-5. Epub 2006 Jan 10. PMID: 1640222
- 21 Doggett H (1988) *Sorghum*, 2nd Ed, Longman Scientific and Technical, Harlow, UK
- 22 FAO (1995) *Sorghum and millets in human nutrition*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations UNIPUB (distributor), Rome, Lanham, MD
- 23 Adebo OA. African Sorghum-Based Fermented Foods: Past, Current and Future Prospects. *Nutrients*. 2020 Apr 16;12(4):1111. doi: 10.3390/nu12041111. PMID: 32316319; PMCID: PMC7231209.
- 24 CFC-ICRISAT (2004) *Alternative uses of sorghum and pearl millet in Asia: Proceedings of the expert meeting in ICRISAT, 1-4 July 2003, Andhra Pradesh, India*. Common fund for commodities, Amsterdam
- 25 Goto, Y.; Nakamura, S.; Sakai, K.; Hoshikawa, K. Analysis of elongation and thickening of internodes in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* Moench). *Jpn. J. Crop Sci*. 1994, 63, 473–479.
- 26 Leandro de Moraes Cardoso ,Soraia Silva Pinheiro ,Hércia Stampini Duarte Martino ,Helena Maria Pinheiro-Sant'Ana Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health// *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017 Jan 22;57(2):372-390.doi: 10.1080/10408398.2014.887057.
- 27 Jairam K P Vanamala , Aaron R Massey , Srinivas Rao Pinnamaneni , Lavanya Reddivari , Kenneth F Reardon . Grain and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) serves as a novel source of bioactive compounds for human health// *Crit Rev Food Sci Nutr*.2018;58 (17): 2867-2881. doi:10.1080/10408398.2017.1344186
- 28 Payne C., Sluiter J., Wolfrum E. (2019) Анализ сорго для производства топлива. In: Zhao ZY., Dahlberg J. (eds) *Sorghum. Методы в молекулярной*

- биологии, том 1931. Humana Press, Нью-Йорк, Нью-Йорк.
https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9039-9_18
- 29 <https://fuelsdigest.com/2020/04/17/rynok-avtomobilnogo-benzina-i-vysokooktanovyh-dobavok-v-rossii-perspektivy-jetanola/>
- 30 Gao Z, Jayaraj J, Muthukrishnan S, Claflin L, Liang GH (2005) Efficient genetic transformation of Sorghum using a visual screening marker. *Genome* 48:321–333.
- Krishnaveni S, Jeoung JM, Zhu H, Muthukrishnan S, Liang GH (2004) Biolistic transformation of sorghum and influence of a transgenic chitinase gene. Oxford University Press, New Delhi, pp 65–74.
- 31 Cuevas HE, Prom LK, Cruet-Burgos CM. Genome-Wide Association Mapping of Anthracnose (*Colletotrichum sublineolum*) Resistance in NPGS Ethiopian Sorghum Germplasm. G3 (Bethesda). 2019 Sep 4;9(9):2879-2885. doi: 10.1534/g3.119.400350. PMID: 31289022; PMCID: PMC6723129.
- 32 Padmaja PG, Shwetha BL, Swetha G, Patil JV. Oxidative enzyme changes in sorghum infested by shoot fly. *J Insect Sci.* 2014 Jan 1;14:193. doi: 10.1093/jisesa/ieu055. PMID: 25480976; PMCID: PMC5634055.
- 33 J Felderhoff T, M McIntyre L, Saballos A, Vermerris W. Использование генотипирования путем секвенирования для картирования двух новых локусов устойчивости к антракнозу у сорго биколор. G3 (Bethesda). 2016 Jul 7;6(7):1935-46. doi: 10.1534/g3.116.030510. PMID: 27194807; PMCID: PMC4938647.
- 34 Poloni A, Schirawski J. Host specificity in *Sporisorium reilianum* is determined by distinct mechanisms in maize and sorghum. *Mol Plant Pathol.* 2016 Jun;17(5):741-54. doi: 10.1111/mpp.12326. Epub 2015 Nov 11. PMID: 26419898; PMCID: PMC6638427.
- 35 Zuther K, Kahnt J, Utermark J, Imkampe J, Uhse S, Schirawski J. Host specificity of *Sporisorium reilianum* is tightly linked to generation of the phytoalexin luteolinidin by *Sorghum bicolor*. *Mol Plant Microbe Interact.* 2012 Sep;25(9):1230-7. doi: 10.1094/MPMI-12-11-0314. PMID: 22670753.
- 36 Woldesemayat AA, Van Heusden P, Ndimba BK, Christoffels A. An integrated and comparative approach towards identification, characterization and functional annotation of candidate genes for drought tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *BMC Genet.* 2017 Dec 22;18(1):119. doi: 10.1186/s12863-017-0584-5. PMID: 29273003; PMCID: PMC5741957.
- 37 Yoneyama K, Xie X, Kusumoto D, Sekimoto H, Sugimoto Y, Takeuchi Y, Yoneyama K. Nitrogen deficiency as well as phosphorus deficiency in sorghum promotes the production and exudation of 5-deoxystrigol, the host recognition signal for arbuscular mycorrhizal fungi and root parasites. *Planta.* 2007 Dec;227(1):125-32. doi: 10.1007/s00425-007-0600-5. Epub 2007 Aug 8. PMID: 17684758.
- 38 Yoneyama K, Awad AA, Xie X, Yoneyama K, Takeuchi Y. Стриголактоны как стимуляторы прорастания корневых паразитических растений. *Физиол Растительных Клеток.* 2010 Июль;51(7):1095-103. doi: 10.1093/pcp/pcq055. Epub 2010 Apr 18. PMID: 20403809; PMCID: PMC2900819.
- 39 Dhillon MK, Sharma HC, Naresh JS, Singh R, Pampapathy G. Influence of cytoplasmic male sterility on expression of different mechanisms of resistance in

- sorghum to *Atherigona soccata* (Diptera: Muscidae). *J Econ Entomol.* 2006 Aug;99(4):1452-61. doi: 10.1603/0022-0493-99.4.1452. PMID: 16937704.
- 40 Adebo OA. African Sorghum-Based Fermented Foods: Past, Current and Future Prospects. *Nutrients.* 2020 Apr 16;12(4):1111. doi: 10.3390/nu12041111. PMID: 32316319; PMCID: PMC7231209.
- 41 Yu J, Zhang T, Zhong J, Zhang X, Tan T. Biorefinery of sweet sorghum stem. *Biotechnol Adv.* 2012 Jul-Aug;30(4):811-6. doi: 10.1016/j.biotechadv.2012.01.014. Epub 2012 Jan 28. PMID: 22306167
- 42 Khoddami A, Mohammadrezaei M, Roberts TH. Effects of Sorghum Malting on Colour, Major Classes of Phenolics and Individual Anthocyanins. *Molecules.* 2017 Oct 12;22(10):1713. doi: 10.3390/molecules22101713. PMID: 29023401; PMCID: PMC6151653.
- 43 Mullet J, Morishige D, McCormick R, Truong S, Hilley J, McKinley B, Anderson R, Olson SN, Rooney W. Energy sorghum--a genetic model for the design of C4 grass bioenergy crops. *J Exp Bot.* 2014 Jul;65(13):3479-89. doi: 10.1093/jxb/eru229. Epub 2014 Jun 22. PMID: 24958898.
- 44 Richards CJ, Hicks B. Processing of corn and sorghum for feedlot cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2007 Jul;23(2):207-21, vi. doi: 10.1016/j.cvfa.2007.05.006. PMID: 17606147.
- 45 Juhaimi FA, Şimşek Ş, Ghafoor K, Babiker EE, Özcan MM, Ahmed IAM, Alsawmahi O. Влияние сортов на биоактивные свойства и минеральное содержание некоторых семян Сорго, Проса и Люпина. *J Oleo Sci.* 2019 Nov 7;68(11):1063-1071. doi: 10.5650/jos.ess19113. Epub 2019 15 октября. PMID: 31611511.
- 46 Abugri, D. A., Jaynes, J. M. & Witola, W. H. Антитоксоплазменная активность липофильных фракций двуцветного происхождения сорго. *BMC Res Notes* 12, 688 (2019). <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4732-z>
- 47 Arouna N, Gabriele M, Pucci L. The Impact of Germination on Sorghum Nutraceutical Properties. *Foods.* 2020 Sep 2;9(9):1218. doi: 10.3390/foods9091218. PMID: 32887248; PMCID: PMC7555581.
- 48 de Mesa-Stonestreet NJ, Alavi S, Bean SR. Sorghum proteins: the concentration, isolation, modification, and food applications of kafirins. *J Food Sci.* 2010 Jun;75(5):R90-R104. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01623.x. PMID: 20629895.
- 49 VON ARNOLD, S.; SABALA, I.; BOZHKO, P.; DYACHOK, J. and FILONOVA, L. (2002). Developmental pathways of somatic embryogenesis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, vol. 69, no. 3, p. 233-249.
- 50 Sai Kishore N, Aravinda Lakshmi Y, Pashupatinath E, Ramana Kumari B, Balakrishna D, Rao SV, Seetharama N, Visarada KBRS (2004) A simple system to transgenic sorghum using shoot apical meristem. *Proceedings of the 6th Biohorizon, IIT, Delhi, India*
- 51 Сарсенбаев Б.А. Сорго сахарное перспективная культура многоцелевого использования // Известия НАН РК. Сер. биологическая и медицинская. – 2014. – № 3. – С. 3–9.

- 52 Gao Z, Jayaraj J, Muthukrishnan S, Claflin L, Liang GH (2005) Efficient genetic transformation of Sorghum using a visual screening marker. *Genome* 48:321–333.
- Krishnaveni S, Jeoung JM, Zhu H, Muthukrishnan S, Liang GH (2004) Biolistic transformation of sorghum and influence of a transgenic chitinase gene. Oxford University Press, New Delhi, pp 65–74.
- 53 Tadesse Y, Sagi L, Swennen R, Jacobs M (2003) Optimisation of transformation conditions and production of transgenic sorghum (*Sorghum bicolor*) via microparticle bombardment. *Plant Cell Tissue Organ Cult* 75:1–18.
- 54 Nabors MW, Heyser JM, Dykes TA, Demott KJ (1983) Long duration, high frequency plants regeneration from cereal tissue cultures. *Planta* 157:385–391.
- 55 Wang MS, Zapata FJ, De Castro DC (1987) Plant regeneration through somatic embryogenesis from mature seed and young inflorescence of wild rice (*Oryza perennis* Moench.). *Plant Cell Rep* 6:294–296.
- 56 Bhaskaran S, Neumann AJ, Smith R (1988) Origin of somatic embryos from cultured shoot tips of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *In Vitro Cell Dev Biol* 24:947–950.
- 57 Cai T, Daly B, Butler L (1987) Callus induction and plant regeneration from shoot portions of mature embryos of high-tannin sorghum. *Plant Cell Tissue Organ Cult* 9:245–252.
- 58 Harborne J. B., Williams C.A. Advances in flavonoid research since 1992 // *Phytochemistry*. 2000. V. 55. P. 481-504.
- 59 Elkonin L.A. Dominant male sterility in sorghum: effect of nucleus background on inheritance of tissue-culture-induced mutation // *Theor. Appl. Genet.* – 2005. – V. 111. – P. 1377–1384.
- 60 Elkonin L.A., Italianskaya J.V., Domanina L.V. et al. Transgenic sorghum with improved digestibility of storage proteins obtained by *Agrobacterium* – mediated transformation // *R. J. of Plant Physiology*. – 2016. – V. 63, No. 5. – P. 678–689.
- 61 Lekgari A., Dweikat I. Assessment of genetic variability of 142 sweet sorghum germplasm of diverse origin with molecular and morphological markers // *O.J. of Ecology*. – 2014. – No. 4. – P. 372–393.
- 62 Maqbool S.B., Devi P., Sticklen M.B. Biotechnology: Genetic improvement of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) // *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.* – 2001. – V. 37. – P. 504– 515.
- 63 Elkonin L.A. Dominant male sterility in sorghum: effect of nucleus background on inheritance of tissue-culture-induced mutation // *Theor. Appl. Genet.* – 2005. – V. 111. – P. 1377–1384.
- 64 Lekgari A., Dweikat I. Assessment of genetic variability of 142 sweet sorghum germplasm of diverse origin with molecular and morphological markers // *O.J. of Ecology*. – 2014. – No. 4. – P. 372–393.
- 65 Кузьмина, Н. А. Основы биотехнологии: учебное пособие для студентов биологического факультета / Н.А. Кузьмина. www.biotechnolog.ru
- 66 Сарсенбаев Б.А. Сорго сахарное перспективная культура многоцелевого использования // *Известия НАН РК, Сер.биологическая и медицинская*, - 2014, - №3, - С. 3-9