

**ТҰҚЫМДЫ БИДАЙ АСТЫҒЫН ИОНДЫОЗОНДЫ КАВИТАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЯСЫМЕН ҚОЛДАНЫП ӨНДЕУ**

**ОБРАБОТКА СЕМЯН ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИОНООЗОННОЙ  
КАВИТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**PROCESSING SEEDS WHEAT GRAIN ION OZONE CAVITATION TECHNOLOGY**

*A.I. ИЗТАЕВ, Ж.П. АСАНГАЛИЕВА*

*A.I. ИЗТАЕВ, Ж.П. АСАНГАЛИЕВА*

*A.I. IZTAYEV, ZH.R. ASSANGALIYEVA*

(Алматы технологиялық университеті)

(Алматинский технологический университет)

(Almaty Technological University)

E-mail: [Zh\\_men@mail.ru](mailto:Zh_men@mail.ru)

*Мақалада ионды озонды кавитация технологиясын қолданып өңделген тұқымды бидай астығының зерттеу нәтижелері көрсетілген. Жұмыстың мақсаты тұқымды бидай астығының тұқымдық қасиетіне ионды озонды кавитация әсерін зерттеу. Тұқымдық бидай астығын иондыозонды кавитациямен өңдеу нәтижесінде оның тұқымдық қасиеті жоғарылады, сонымен бірге өсу энергиясы 16%-дан 21%-ға, ал өнгіштігі 20%-дан 24%-ға өсті, яғни 2-3 есеге өсті, сәйкесінше, астықты ионоозонды өңдеумен салыстырғанда 13% және 12-14% -ға жоғарылады.*

*В статье приведены результаты исследования семян зерна пшеницы, обработанных с применением ионоозонной кавитационной технологии. Цель исследований состояла в изучении влияния предпосевного ионоозонирования семян с применением кавитации на семенные свойства мягкой пшеницы. В результате кавитационной обработки семянного зерна пшеницы показатели семенных свойств повышены, при этом энергия прорастания возросла от 16% до 21%, а всхожесть от 20% до 24%, что больше в 2-3 раза, соответственно, на 13% и 12-14% по сравнению с ионоозонной обработкой зерна.*

*The article presents the results of seeds study of wheat grain treated with ion ozone cavitation technology. The researchs aim studies the effect of pre-sowing ion ozone seeds with use cavitation on seed properties of soft wheat. As a result of cavitation treatment seeds of wheat indicators seed of improved properties, at that energy of germination increased from 16% to 21%, and germination rate from 20% to 24%, more than 2-3 times, respectively, 13% and 12-14% compared ion ozone treatment of grain.*

**Негізгі сөздер:** бидай тұқымы, кавитация, ионды озон, өну энергиясы, өнгіштігі.

**Ключевые слова:** семена пшеницы, кавитация, ионоозон, всхожесть, энергия прорастания.

**Key words:** grain, cavitation, ion ozone, germination, energy of germination.

## *Кіріспе*

Қазіргі кезде көп көңіл экологиялық таза өнім шығаруға, соның ішінде астық өндірісі өнімдеріне бөлініп жатыр.

Агро өнеркәсіп кешені Қазақстан экономикасының жетекші салаларының біріне жатады. Біздің мемлекетіміз қазіргі кезде астық экспорты бойынша дүние жүзінде алтыншы орынды иеленеді. Экспорттың әлуеті жылына 8-10 млн. тонна аралығында деп бағаланады. Қазақстандық астық әлемнің 40-тан астам еліне экспортталады.

Ауыл шаруашылығы өсімдік өнімдері ішінен кластерлік бағытта дамыған, дүние жүзілік экспорт жүйесінде ең алғы орындарға ие болған астық және оның өнімдері. Астықты өсіріп, оны өңдеп өнім алу еліміздің стратегиялық дамуының басты бағыттарының бірі [1].

Бидай өсіретін барлық мемлекеттер үшін негізгі мәселердің бірі оның өнімділігін көтеру және дәннің тұқымдық сапасын арттыру болып табылады.

Қазіргі кезде ауыл шаруашылығы мен дайындау жүйесіндегі ең маңызды мәселе дүниежүзілік дән өндірісін кеңейту негізінде құрылымын жақсарту, астық өнімінің өсуі, ауыл шаруашылығына ең азықты сұрыптарды және жаңа сұрыптарын енгізу, олардан жоғары сапалы дайын өнім алуда жаңа технологияны пайдалану.

Қазақстанның басты шарттарының бірі кең байтақ еліміздің астық өндірудегі ұшан теңіз мүмкіндіктерін тиімді жүзеге асырып, азық түлік пен жем қорларын молайту және экспорт ресурстарын арттыру, егіннің шығымдылығын өсіру, жинап алынған астықтың сапасы мен одан өндірілетін өнімнің тиімділігін жақсарту, сақтау және өңдеу барысында шығынға жол бермеу [2].

Қазіргі уақытта дәнді дақылдар өндірісі саласында өндірістеріндегі техника мен аппараттар, сонымен қатар оларды өндірудің үдерістері физикалық және моральды түрде ескіруде. Ескі техника экономикалық және экологиялық талаптарға сәйкес емес. Биологиялық әрекеттегі өнімдерді өңдеу, қайта өңдеу және сақтаудың өндірістік технологияларын жабдықтаудың техникалық деңгейі де төмендеп барады. Сондықтан бидайды қайта өңдеуде оның қолдану тиімділігін жоғарылату мақсатында астық өңдеу өндірісі практикасында көп көңіл озық тәсілдерді және өнімділігі жоғары жабдықтарды енгізуге бөлінеді. Бұл мәселені шешуде әр түрлі полярлы электрлік ионоозонды қоспа мен өңделетін өнім негізінде үдерістер мен аппараттарды, технологиялық желілерді, соған сәйкес озонды және оттегі молекулярлық иондарды қолдану технологиясын жасау қажет [3].

Өндірістегі үдерістерді едәуір қарқындатуды қамтамасыз етудің тағы бір технологиясы бидайды кавитационды өңдеу болып табылады. Ұсынылған технологияның негізі физикалық құбылыс – кавитация болып табылады, кавитация ультра дыбыс (акустикалық) немесе гидроимпульс (ротационды) арқылы пайда болады. Кавитациялық үдерісті қолдану ион және озон молекулаларын ауа қысымы арқылы астық массасының ішіндегі қуыстарына толық таратады [4].

Ионоозонды қоспа күшті тотықтырғыш болып табылады, хлорға қарағанда бактерицидтік әсері бірнеше есе жоғары. Озон және молекулярлы иондар бактерияның клеткалы қабығын атакалайды, сол кезде клетка тотығады және озонолиз жүреді. Ионоозонды қоспаның ықпал тиімділігі оттегі молекуласына, ион және озон концентрациясына, олардың әртүрлі полярлығына, өңдеу ұзақтылығына және қоршаған ортаның температурасына байланысты болады [5].

Осыған байланысты бидай астығының тұқымдық қасиеттерін жоғарылатуда ионо-

озонды кавитация технологиясын жасау Қазақстан Республикасындағы астық өңдеу өнеркәсібінің дамуы үшін ғылыми және практикалық маңызы бар өзекті мәселе болып табылады.

Алматы технологиялық университетінде (АТУ) мамандандырылған кафедралардың жетекші ғалымдарының қатысуымен тұқымдардың, дәннің және оларды өңдеу арқылы алған өнімдердің сапасын жақсартуға, астық өңдеу өнеркәсібінің өндірістік үдерістерін модельдеп, оңтайлауға арналған қондырғылардың, агрегаттар мен технологиялық жабдықтардың тәжірибелік үлгілерін әзірлеп, жасау саласында зерттеулер жүргізіліп жатыр.

Кавитация – нәтижесінде сұйықтықтың буымен және ондағы еріген газдармен толтырылатын қуыстар немесе кавитациондық көпіршіктер қалыптасатын сұйықтықтың шектелген облысында ыдырату кезінде пайда болатын созатын кернеулер әсерінен тамшы сұйықтықтың жарылу құбылысы[6].

Кавитацияның физикалық табиғатын зерттеуді дамытуы тежеп тұрған негізгі қиындығы кавитацияның тез өтіп кететін құбылыс болып табылатындығында болып отыр. Бұл оның пайда болуын, өсуін және каверндардың сұйықтықтағы немесе ағыстағы қозғалуын зерттеу тәсілдерін және мүмкіндіктерін шектейді.

ТМД елдерінің ішінде бұл бағыттағы жұмыстармен Қазақстан және Ресей ғалымдарының барлық еңбектері айқындалды. Осы уақытқа дейін ионоозонды технология өндіріс орындарында қолданыс таппай жатыр. Себебі ионоозонды молекулалар ауамен қосылыс түрінде сусымалды материалдың ішіне өзінше тарай алмайды. Әсіресе астық кәсіпорындарында ионоозонды қолдану оның астық қабаттарына жеткізе алмауымызда. Осыған орай оның әрбір дәндермен контакт жасауы үшін, оны сырттан күштеп клеткалармен алмастырудың техникалық жағдайын жасауда қажет етеді. Кавитация үдерісін тудыру арқылы осы мәселені шешу ғылыми

тұрғыдан зерттеп астықты ионоозонды өңдеудің инновациялық технологиясын жасау басты мақсат болып саналады.

### *Зерттеу нысаны мен әдістері*

Бидай дәнін ионоозон және ионоозонды кавитация зонасында өңдеу жұмыстары Алматы технологиялық университетінің «Тамақ және қайта өңдеу өндірісінің инновациялық технологиялары» ғылыми - зерттеу зертханасында жүргізілді.

Тұқымдық көрсеткіштері «Астық өнімдерін өңдеу технологиясы» кафедрасында анықталды.

Зерттеу нысаны ретінде Алматы облысында өсірілген IV типті күздік жұмсақ қызыл дәнді «Богарлық 56» сұрыпынан сынамалар таңдалып алынған.

Бидайдың тұқымдық көрсеткіштерін «Астық өнімдерін өңдеу технологиясы» кафедрасында МЕМСТ 12038-84 және МЕМСТ 10968-88 бойынша анықталды [7,8].

Тұқымның өнгіштігі деп, оның өсіп, әдеттегідей өсімдік беру қабілетін айтады. Ол стандарт талабы бойынша 10 күн ішінде анықталады.

Өсу энергиясы деп өніп шыққан өсімдіктердің біркелкі тез өсуін айтады. Оны 3-4 күн ішінде анықтайды, яғни тұқымның өнгіштігімен бірге анықтайды. Бұл әдістің егін орғанда пайдасы бар, яғни барлық өсімдіктердің бірдей пісуін қамтамасыз етеді. Тұқымның өнгіштігі, оның өсу қабілетімен қатар, технологиялық қасиеттің де анықтайды. Тірі дән өнгіш келеді, оның технологиялық қасиетті өте жоғары болады. Ол жақсы ұн және нан береді. Ал өлі дән — өнбейді, оның технологиялық, қасиеттері төмен болады.

Ион мөлшерін аз габаритті МАС – 01 аэроион есепшісі арқылы анықталды. Озон мөлшері озонметр арқылы анықталды.

Бидай ионоозонды өңдеуге арналған зертханалық қондырғының жалпы көрінісі 1 суретте көрсетілген.



Сурет 1 – Ионоозонды өңдеуге арналған қондырғының жалпы көрінісі

### ***Нәтижелер және оларды талдау***

Бидай астығының тұқымдық қасиетіне ионоозонды өңдеудің әсері

Жоғары сапалы тұқым — мол өнімнің кепілі. Қазір ауылшаруашылық дақылдары тек сортты тұқымдармен ғана егіледі. Барлық агротехникалық шараларды қолданып сортты тұқымдардан үнемі жоғары өнім алып тұруға болады.

Тірі дән өңгіш келеді, оның технологиялық қасиеті өте жоғары болады. Ол жақсы ұн және нан береді. Ал өлі дән — өнбейді, оның технологиялық қасиеттері төмен болады. Тұқымның өңгіштігі, оның өсу қабілетімен қатар, технологиялық қасиетін де анықтайды.

Зерттеу тәжірибе нұсқаларын ионоозонды қондырғыны қолдану арқылы жүргізілді.

Дайындалған бидай үлгілері ионоозонды ауалы қоспа мен 5-тен 20 мин аралығында, 2,0-ден 6,0 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясымен, 9000-нан 64000 б/см<sup>3</sup> ион концентрациясымен өңделді.

Кавитация өрісінде ионоозонды өңдеудің тиімділігін анықтау үшін кавитацияны әсерді қолданып және қолданбай параллель эксперимент жүргіздік. Эксперимент жүргізілу үшін үш фактор алынды:

- ион концентрациясы  $C_{и}$ , б/см<sup>3</sup>;
- озон концентрациясы  $C_{о}$ , г/м<sup>3</sup>;
- өңдеу ұзақтылығы  $\tau$ , мин.

Үш факторлы эксперименттің жоспары бойынша бидай астығын ионоозонды өңдеудің нәтижелері 1 кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – Бидай астығының тұқымдық қасиетіне ионоозонды өңдеудің әсері

Өңдеу режимдері			Бидайдың тұқымдық көрсеткіштері		Бақылаудан ауытқу	
$C_{и}$ , б/см <sup>3</sup>	$C_{о}$ , г/м <sup>3</sup>	$\tau$ , мин	Өну энергиясы,%	Өңгіштігі,%	Өну энергиясы,%	Өңгіштігі,%
Бақылау			70	74		
9000	2	5	73	81	+3	+7
9000	6	5	72	85	+2	+11
64000	2	5	72	80	+2	+6
64000	6	5	73	85	+3	+11
9000	2	12,5	76	84	+6	+10
9000	6	12,5	74	85	+4	+11

64000	2	12,5	75	85	+5	+11
64000	6	12,5	78	87	+8	+13
9000	2	20	74	81	+4	+7
9000	6	20	77	82	+7	+8
64000	2	20	70	84	0	+10
64000	6	20	75	83	+5	+9

Жоғарыдағы кесте мәліметтері бойынша, бидайды 9000 б/см<sup>3</sup> ион концентрациясы мен, 2 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясы мен 5 мин өндегенде бақылау мен салыстырғанда өну энергиясы 3%, ал өнгіштігі 7% жоғарылады, 12,5 мин өндегенде өну энергиясы 6%, ал өнгіштігі 10% жоғарылады, 20 мин өндегенде өну энергиясы 4%, ал өнгіштігі 7% жоғарылады. 64 000 б/см<sup>3</sup> ион концентрациясы мен, 6 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясы мен 5 мин өндегенде бақылау мен салыстырғанда өну энергиясы 3%, ал өнгіштігі 11% жоғарылады, 12,5 мин өндегенде өну энергиясы 8%, ал өнгіштігі 13% жоғарылады, 20 мин өндегенде өну энергиясы 5%, ал өнгіштігі 9% жоғарылады.

Ионоозондар молекулалардың энергиясы жоғары бөлшектермен соқтығысуы кезінде, иондауыш сәулелер әсерінен не күшті электр өрісінің әсерінен пайда болады. Электрлік бейтарап атомдар мен молекулалардың оң және теріс зарядталған иондарға айналу процесі химиялық әрекеттесу барысында, күшті электр өрістері, жарық сәулелері немесе басқа да сәулелер әсерінен жүзеге асады. Бидай дәнінің тұқымдық қасиетінің өзгеруі олардың табиғатына, температурасына, сәулелер түріндегі энергия мөлшеріне және т.б. жайттарға байланысты. Бидай астығының құрылыс ерекшеліктерін ескере отырып, бір-бірі мен байланыстағы атомдардың иондану потенциалын өзара салыстыру осы заттарға тән химиялық байланыстар табиғатын шамалауға мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда бидайды жоғары озон және ион концентрациясы мен 12,5 мин өндегенде өну энергиясы мен өнгіштігі жоғарылайды. Өңдеу ұзақтылығы жоғарыланған сайын дәннің өну энергиясын баяулатады.

Бидай астығының тұқымдық қасиетіне ионоозонды кавитационды өндеудің әсері

Кавитация өрісінде тұқымдық бидайды ионоозонды өндегенде 0,2-ден 0,6 МПа қысымда, 2,0-ден 6,0 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясы мен, 9000-нан 64000 б/см<sup>3</sup> ион концентрациясы мен, 5-тен 20 мин аралығында өңделді.

Ионоозонды қоспа мен кавитация бидай астығына анағұрлым әсер етеді (мысалы, бидай астығының эндосперм қабықшасына), өйткені озонның жарылыс қуаты сығылу қуатына пропорциялы, бидайға зарарсыздық ықпал жасайды, биологиялық жағдайын жоғарылатады, иістерді жояды.

Бидайды өндегенде ионоозонды қоспа концентрациясын және кавитация зонасындағы қысымды реттеу ионоозонды кавитацияны басқаруға мүмкіншілік береді [9].

Кавитация зонасында бидай астығына ионоозонды өндеудің әсерін зерттеу үшін төрт факторлы эксперимент құрдық, келесі режимді параметрлер: ион концентрациясы, озон концентрациясы, кавитация мөлшері және өндеу ұзақтылығы алынды. Режимдік параметрлердің бидай астығының тұқымдық көрсеткіштеріне әсерін анықтауда тәжірибелік зерттеудің нәтижелері 2 кестеде көрсетілген.

Кесте 2 - Бидай астығын ионоозонды кавитационды өндеудің тұқымдық қасиетіне әсері

Өндеу режимдері				Бидайдың тұқымдық көрсеткіштері		Бақылаудан ауытқу	
$C_{и}, б/см^3$	$C_{о}, г/м^3$	P, МПа	τ мин	Өну энергиясы, %	Өнгіштігі, %	Өну энергиясы, %	Өнгіштігі, %
Бақылау				70	74		
9000	2	0,2	5	88	95	+18	+21
9000	2	0,2	20	86	95	+16	+21
9000	6	0,2	5	88	95	+18	+21

9000	6	0,2	20	88	97	+18	+23
64 000	2	0,2	5	87	96	+17	+22
64 000	2	0,2	20	89	96	+19	+22
64 000	6	0,2	5	89	97	+19	+23
64 000	6	0,2	20	90	96	+20	+22
9000	2	0,6	5	87	95	+17	+21
9000	2	0,6	20	89	95	+19	+21
9000	6	0,6	5	89	97	+19	+23
9000	6	0,6	20	91	98	+21	+24
64 000	2	0,6	5	87	94	+17	+20
64 000	2	0,6	20	88	96	+18	+22
64 000	6	0,6	5	86	97	+16	+23
64 000	6	0,6	20	88	96	+18	+22

2 кестеден көріп отырғанымыздай, 0,2 Мпа кавитация кезінде тұқымның өну энергиясы 86-90% аралығында өзгеріп отырады. Яғни бидайды 64000 б/см<sup>3</sup> ион және 6 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясы мен 20 мин өндегенде өну энергиясы 90% жетті.

Бидайды 0,6 Мпа кавитация кезінде тұқымның өну энергиясы 86-91% аралығында өзгеріп отырады. Яғни бидайды 9000б/см<sup>3</sup> ионжәне 6 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясы мен 20 мин өндегенде өну энергиясы 91% жетті.

Бақылаумен салыстырғанда бидайды 0,6 МПа кавитация мен, 9000 б/см<sup>3</sup> ионжәне 6 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясы мен 20 мин өндегенде өну энергиясы 21 % жоғарылады.

Бидайды 0,2 Мпа кавитация кезінде тұқымның өнгіштігі 95-97% аралығында өзгеріп отырады. Яғни бидайды 9000 б/см<sup>3</sup> ионжәне 6 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясы мен 20 мин өндегенде өнгіштігі 97% жетті.

Бидайды 0,6 Мпа кавитация кезінде тұқымның өнгіштігі 95-98% аралығында өзгеріп отырады. Яғни бидайды 9000 б/см<sup>3</sup>

ионжәне 6 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясы мен 20 мин өндегенде өнгіштігі 98% жетті.

Ионоозонды кавитация технологиясымен бидай астығын 0,6 МПа кавитация мен, 9000 б/см<sup>3</sup> ионжәне 6 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясы мен 20 мин өндегенде бақылаумен салыстырғанда өнгіштігі 24 % жоғарылады.

Ультра дыбыстың ерекше қасиеттерінің бірі кавитация (микро көпіршіктер) түзілуі, оның физика - химиялық әсерін қамтиды. Ультра дыбыстың сұйықтарға, биологиялық ткань дерге 0,3 Вт/см<sup>2</sup> жоғары жиілікте тарағанда кавитация туындайды. Бидайда кавитация температура, қысым жоғарлағанда, электр заряды әсерінен жүреді. Нәтижесінде молекулалық иондар және озон оң зарядталып, астық молекуласы теріс зарядталуы жасушалық әрекеттердің тездетуіне алып келеді. Тұқымды ионоозонды кавитационды өндегеннен кейін, тұқымның биоэнергетикалық потенциалы артады. Бұның бәрі клеткалық мембрананың өткізгіштігінің жоғарлауына әкеледі.

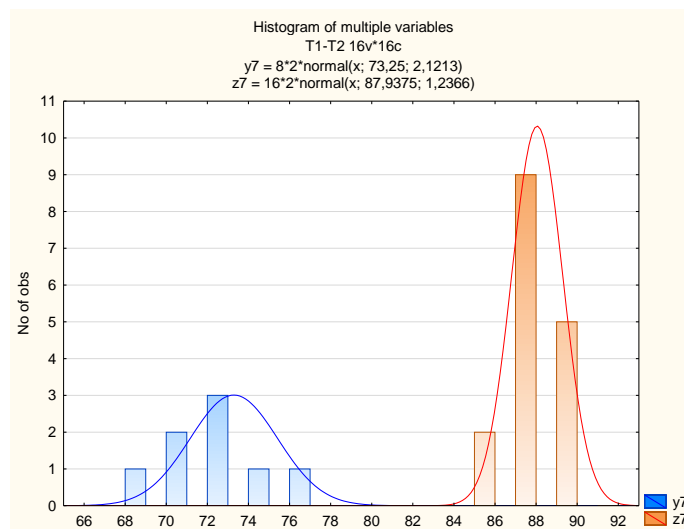
Озон концентрациясын, кавитация параметрін, өңдеу ұзақтылығы жоғарылаған сайын бидай астығының тұқымдық көрсеткіштері жақсарады.

Зерттеу нәтижелері бойынша бидайды ионоозонды кавитация технологиясымен 0,6 МПа кавитациямен, 9000 б/см<sup>3</sup> ион және 6 г/м<sup>3</sup> озон концентрациясымен 20 мин өңдегенде бақылаумен салыстырғанда өңгіштігі 24% жоғарылады, ал 0,6 МПа кавитация мен, 9000 б/см<sup>3</sup> ион және 6 г/м<sup>3</sup> озон концентра-

циясымен 20 мин өңдегенде өну энергиясы 21% жоғарылады.

Бидай дәнін ионоозонды өңдеуді ионоозонды кавитационды өңдеумен салыстырғанда, кавитация бидай дәнінің технологиялық қасиеттерін жоғарылатуға оң әсер беретінін көрсетеді.

Ионоозонды (Y) және ионоозонды кавитациямен (Z) өңделген тұқымды бидайдың өну энергиясы бойынша салыстыру 2 суретте көрсетілген.



Сурет 2 - Ионоозонды (Y) және ионоозонды кавитациямен (Z) өңделген бидай астығын өну энергиясы бойынша салыстыру

2 сурет бойынша салыстыруда, ионозонды кавитациямен тұқымды бидай астығын өндегенде тұқымдық көрсеткіштері жоғарылайды.

### **Қорытынды**

Бидай астығын ионозонды кавитациямен өндегенде, оның тұқымдық қасиеттері жақсарады. Барлық ұсынылған режимдер бидай-дың тұқымдық қасиеттерін сақтауға мүмкіндік туғызады. Біріктірілген ионды озон және кавитация тұқымның жақсы сақталуына әсер етеді. Ұсынылған технология Қапшағай қаласындағы «AGRO-FOOD» ЖШС-інде сынақтан өтті.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мамеров М.М., Изтаев А.И., Кулажанов Т.К., Исакова Г. К. Научные основы ионоозонной технологии обработки зерна и продуктов его переработки. – Алматы: Издательство «LEM», 2012. - 246 с.

2. Зыкин В.А., Кираев Р.С. Экологически устойчивые сорта яровой мягкой пшеницы Салават Юлаев и Ватан // Вестник Алтайского ГАУ. — 2011. — № 8. — С. 5-8.

3. Шестаков С.Д. Кавитационная дезинтеграция — новый вид передачи энергии при обработке зерна водой / Качество зерна, муки и хлеба: труды 2-ой междунар. конф. – М., 2002. - С. 192-195.

4. Iztaev A.I., Kulajanov T.K., Maemerov M.M. Application of the electromagnetic ion ozone nanotechnology in the production of cereals. – THE SECOND NORTH AND EAST EUROPEAN CONGRESS ON FOOD «NEEFood», NUFT, Kyiv, Ukraine, May 26-29, 2013. -P. 34.

5. Iztaev A.I., Kizatova .Zh., Stankevich G.N., Asangaliyeva Zh.R. Impact of ion-ozon treatment technologies and cavitation on grain quality indices // Life Science Journal. – New York, 2014, 11 (8s). - P. 268-271.

6. Смородов Е.А., Галиахметов Р.Н., Ильгамов М.А. Физика и химия кавитации. –М.: Наука, 2008. - 288 с.

7. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. - Введ. 01.07.86. - М.: Стандарт информ, 2011.– 2 с.

8. ГОСТ 10968-88. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания. - Введ. 1988-01-07.- М.: Стандарт-информ, 2009.– 2 с.

9. Изтаев А.И., Мамеров М.М., Изтаев Б.А., Асангалиева Ж.Р. Ионоозонная технология обработки зерна с применением кавитации / Между-

народная научная конференция «Академик Кулажанов К.С.: жизнь, посвященная науке и образованию» в честь 70-летия ректора АТУ Кулажанова К.С. – Алматы, 2014. – С. 72-74.