ҒТАМР 65.29.31 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.28-1090**

ТҮРЛІ ДИСПЕРСИЯЛЫ «ҚОЖА ЭЛИТА» ТРИТИКАЛЕ СОРТЫНЫҢ БЕТІНІҢ МОРФОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

А.И. Изтаев, М.А. Якияева✉, Б.А. Изтаев, Ш.А. Турсунбаева, Р.Б. Мухтарханова, М.Н. Мамыраев, М.Н. Рахымбаева

Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

✉*Корреспондент-автор: yamadina88@mail.ru*

Жұмыста «Қожа Элита» сортының тритикале дәнінің әр түрлі дәрежедегі ұнтақтаудағы беткі морфологиясын зерттеу ұсынылған. Зерттеудің мақсаты ұн тартудың технологиялық параметрлерін жақсарту үшін ұнтақтау дисперсиясының астық бетінің микроқұрылымына әсерін анықтау болды. Талдау үшін визуализацияның жоғары ажыратымдылығын қамтамасыз ететін Quanta 3D 200i (FEI) сканерлеуші электрондық микроскоп пайдаланылды. Зерттеу жоғары вакуум жағдайында 15 кВ жеделдету кернеуінде және 13–16 мм жұмыс қашықтығында жүргізілді. Ұнтақтау дәрежесі әртүрлі сегіз үлгі зерттелді: ірі (CD-1), ұсақ, ұсақ және орташа ұнтақтау. Әрбір үлгі үшін қосымша электронды детектордың көмегімен кемінде екі микросурет алынды. Нәтижелер ұнтақтау дәрежесі дән бетінің морфологиясына айтарлықтай әсер ететінін көрсетті, эндосперм мен қабықтың құрылымындағы айырмашылықтарды көрсетеді. Алынған мәліметтер ұн сапасын жақсартуға және тамақ өнеркәсібінде дақылды пайдалануды кеңейтуге көмектесетін тритикале өңдеудің технологиялық процестерін оңтайландыру үшін маңызды. Жұмыс астықтың микроқұрылымы мен оның технологиялық қасиеттері арасындағы байланысты түсінуге ықпал етеді, әрі қарай зерттеулер мен практикалық енгізуге негіз болады.

Түйін сөздер: тритикале сорты «Қожа Элита», сканерлік электронды микроскопия, бетінің морфологиясы, ұнтақтану дәрежесі, дисперсиясы, микроқұрылым

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ТРИТИКАЛЕ СОРТА «ҚОЖА ЭЛИТА» РАЗНОЙ ДИСПЕРСНОСТИ

А.И. Изтаев, М.А. Якияева✉, Б.А. Изтаев, Ш.А. Турсунбаева, Р.Б. Мухтарханова, М.Н. Мамыраев, М.Н. Рахымбаева

Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан,
e-mail: yamadina88@mail.ru

В работе представлено исследование морфологии поверхности зерна тритикале сорта «Қожа Элита» при различных степенях помола. Целью исследования являлось выявление влияния дисперсности измельчения на микроструктуру поверхности зерна с целью улучшения технологических параметров мукомольного производства. Для анализа использован сканирующий электронный микроскоп Quanta 3D 200i (FEI), обеспечивающий высокое разрешение визуализации. Исследование проводилось в условиях высокого вакуума при ускоряющем напряжении 15 кВ и рабочем расстоянии 13-16 мм. Были изучены восемь образцов с различной степенью измельчения: грубый (CD-1), мелкий, тонкодисперсный и средний помол. Для каждого образца получено не менее двух микроснимков с использованием детектора вторичных электронов. Результаты показали, что степень помола существенно влияет на морфологию поверхности зерна, отражая различия в структуре эндосперма и оболочки. Полученные данные важны для оптимизации технологических процессов переработки тритикале, что способствует улучшению качества муки и расширению применения культуры в пищевой промышленности. Работа вносит вклад в понимание взаимосвязи микроструктуры зерна и его технологических свойств, обеспечивая базу для дальнейших исследований и практического внедрения.

Ключевые слова: тритикале сорта «Қожа Элита», сканирующая электронная микроскопия, морфология поверхности, степень помола, дисперсность, микроструктура

STUDY OF SURFACE MORPHOLOGY OF TRITICALE VARIETY ”KOZHA ELITA” OF DIFFERENT DISPERSION

A.I. Iztayev, M.A. Yakiyayeva✉, B.A. Iztayev, Sh.A. Tursunbayeva, R.B. Mukhtarkhanova, M.N. Mamyrayev, M.N. Rakhymbayeva

Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: yamadina88@mail.ru

The paper presents a study of the surface morphology of triticale grain of the Kozha Elita variety at different degrees of milling. The aim of the study was to identify the effect of grinding dispersion on the grain surface microstructure in order to improve the technological parameters of flour milling. A Quanta 3D 200i (FEI) scanning electron microscope, providing high visualization resolution, was used for the analysis. The study was carried out under high vacuum conditions at an accelerating voltage of 15 kV and a working distance of 13–16 mm. Eight samples with different degrees of grinding were studied: coarse (CD-1), fine, fine and medium grinding. For each sample, at least two micrographs were obtained using a secondary electron detector. The results showed that the degree of grinding significantly affects the morphology of the grain surface, reflecting differences in the structure of the endosperm and shell. The data obtained are important for optimizing technological processes for triticale processing, which helps to improve the quality of flour and expand the use of the crop in the food industry. The work contributes to the understanding of the relationship between grain microstructure and its technological properties, providing a basis for further research and practical implementation.

Key words: triticale variety ”Kozha Elita”, scanning electron microscopy, surface morphology, degree of grinding, dispersion, microstructure.

Кіріспе. Тритикале (× triticosecale) - бидайды (Triticum aestivum) және қара бидайды (Secale Cereale) айқастыру арқылы алынған будандық дәнді дақыл. Ол екі аналық дақылдың да ең жақсы қасиеттерін біріктіреді: жоғары өнімділік, құрғақшылық пен аурулар сияқты қолайсыз жағдайларға төзімділік және құнды астық құрамы [1, 2]. Осы артықшылықтардың арқасында тритикале өзгермелі климатта азық-түлік өнімдері мен жем үшін маңызды дақыл болып саналады.

Соңғы кездері тритикалеге қызығушылық, әсіресе, тұрақты дақылдар үшін өсімдіктердің бейімделуі шешуші маңызы бар Қазақстан сияқты континенттік климаты бар елдерде айтарлықтай өсті [3, 4]. Қазақстанда тритикале сорттарын селекциялау және жетілдіру бірнеше ондаған жылдар бойы жүргізіліп келеді [5, 6]. Тритикаленің «Қожа Элита» сорты әртүрлі өсіру жағдайларына жоғары бейімделуімен, құрғақшылыққа төзімділігімен және дәннің жақсы технологиялық қасиеттерімен сипатталады. Бұл сортты тамақ өнеркәсібінде оңтайлы пайдалану үшін оның физика-химиялық және морфологиялық сипаттамаларын егжей-тегжейлі зерттеу қажет [7, 8].

Астықтың өңдеуге жарамдылығын анықтайтын маңызды фактор оның фракциялық және дисперсті құрамы болып табылады. Астық түйіршіктерінің мөлшері ылғалды сіңіру, реактивтілік, макияж және өнім шығару сияқты параметрлерге әсер етеді. Ұнтақталған дәннің беткі микроқұрылымы жасуша қабырғаларының құрылымын, эндосперм, крахмал және белоктардың таралуын көрсетеді, бұл өз кезегінде соңғы өнімнің сапасына әсер етеді [9, 10].

Сканерлеуші электронды микроскопия (SEM) жоғары ажыратымдылықтағы беттік микроқұрылымды зерттеудің тиімді әдісі болып табылады. Ол астық, ұн, крахмал және басқа да биологиялық материалдардың құрылымын талдау үшін тағамдық зерттеулерде кеңінен қолданылады [11, 12].

Жұмыста тритикаленің «Қожа Элита» сортының дәнінің әртүрлі ұнтақталу дәрежесінде беткі морфологиясын зерттеу берілген.

Зерттеудің мақсаты – ұнтақтау дисперсиясының астық бетінің микроқұрылымына әсерін анықтау және ұн тартудың технологиялық параметрлерін жақсартуға болатын заңдылықтарды

анықтау.

Зерттеу мақсаттары:

- тритикаленің «Қожа Элита» сортының дәнін әртүрлі дисперсиялық дәрежеде (ірі,

орташа, ұсақ және ұсақ ұнтақтау) ұнтақтау;

- Quanta 3D 200i (FEI) сканерлеуші электронды микроскоп арқылы дән бетінің

микроқұрылымын зерттеу;

- ұнтақтаудың әртүрлі дәрежесінде эндосперм мен қабықтың морфологиялық ерекшеліктерін салыстыру;

- өңдеу кезінде астықтың потенциалды технологиялық қасиеттеріне морфологияның әсерін бағалау.

Зерттеудің ғылыми гипотезасы: дисперсия дәрежесінің жоғарылауы ұнның шығымы мен сапасына, оның суды сіңіру қабілетіне және пісіру қасиеттеріне тікелей әсер ететін эндосперм мен қабықтың микроқұрылымында елеулі өзгерістерге әкеледі деп болжанады.

Күтілетін нәтижелер:

- фрезерлеудің әртүрлі дәрежелеріндегі микроқұрылым өзгерістерінің сандық және сапалық сипаттамалары;

-дәннің дисперстік дәрежесі мен құрылымдық ерекшеліктері арасындағы байланысты анықтау;

- ұнға тритикале өңдеу тиімділігін арттыру үшін ұн тартудың оңтайлы параметрлерінің ғылыми негіздерін қалыптастыру;

- ұн тарту және тамақ өнеркәсібінде тритикале пайдалануды кеңейту бойынша практикалық ұсыныстар.

Материалдар мен әдістер. Зерттеуге материал ретінде Қазақстан Республикасы Алматы облысы Алмалыбақ ауылында орналасқан Қазақ ауыл шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының тәжірибелік жерлерінде өсірілген тритикаленің «Қожа Элита» сортының дәні алынды. Тәжірибелер алдында дәнді қоспалардан тазартып, көлемі бойынша сұрыпталды. Бақылау үлгісі ретінде СД-1 диірменінде ұсақталған жұмсақ бидай дәні (Triticum aestivum) алынды.

«Қожа Элита» сортының дәні ұн тарту алдында стандартты алдын ала дайындықтан өтті:

1. Тазалау: дәнді зертханалық астық тазалау жабдықтары арқылы қоспалардан (шаң, қабық, тастар, арамшөп тұқымдары) мұқият тазартты. Сонымен қатар, зақымдалған және піспеген дәндер қолмен таңдалды.

2. Өлшемі бойынша сұрыптау және нивелирлеу: бөлшек бойынша біркелкі партияларды алу үшін астық елеуіш анализаторлары арқылы еледі.

3. Кондиционерлеу (ылғалдандыру): тұрақты ұнтақтауды қамтамасыз ету үшін дәнді 14-15% оңтайлы ылғалдылыққа дейін ылғалдандырды. Ылғалдылық эндосперм мен қабықшаға біркелкі таралуы үшін процесс бөлме температурасында 12-24 сағат бойы жүргізілді.

4. Температураны тұрақтандыру: тәжірибе нәтижелеріне сыртқы факторлардың әсерін жою үшін ұн тарту алдында дәнді 20–22 °C температурада және 60–65% салыстырмалы ауа ылғалдылығында ұстады.

5. Параметрді басқару: дәннің ылғалдылығы ылғал өлшегіш көмегімен тексерілді. Әрбір үлгі үшін ұнтақтау алдында бастапқы ылғалдылық, салмақ және сақтау шарттары жазылды.

Әртүрлі дисперсті үлгілерді алу үшін зертханалық диірмендер мен дезинтегратор пайдаланылды:

- ұсақ ұнтақтау (СД-1) - СД-1 зертханалық диірменде орындалады;

- орташа ұнтақтау - МД-1 дезинтеграторында орындалады;

- майда ұнтақтау - ротордың жоғары жылдамдығын пайдаланып МД-1 дезинтеграторында алынады;

- ұсақ дисперсті ұнтақтау - ұнтақтау ұзақтығы ұлғайған MD-1 дезинтеграторында орындалады.

Зерттеудің сенімділігін арттыру үшін әрбір үлгі екі реттен талданды, бұл параметрлердің ықтимал ауытқуларын есепке алуға мүмкіндік берді. Нәтижелердің салыстырмалылығын қам-

тамасыз ету үшін алынған ұнтақтар талдауға дейін жабық контейнерлерде бөлме температурасында сақталды.

Сканерлеуші электронды микроскопия (SEM)

Дән бөлшектерінің беткі морфологиясы Quanta 3D 200i микроскопының (FEI, Нидерланды) көмегімен SEM арқылы зерттелді. Үлгіні дайындау бөлшектерді алюминий ұстағыштарға бекітілген көміртекті таспаға бекітуді қамтиды. Талдау параметрлері:

~ 6×10 ³ Па қысымдағы жоғары вакуум режимі;

үдеткіш кернеу - 15 кВ;

жұмыс қашықтығы - 13-16 мм;

үлкейту диапазоны - ×500 - ×2000;

анықтау - екінші реттік электрондарды қолдану.

Әрбір үлгі үшін кемінде үш микросурет алынды, бұл морфология бойынша репрезентативті деректерді алуға мүмкіндік берді.

Бөлшектердің өлшемі кірістірілген калибрленген кескінді талдау жүйесі арқылы анықталды. Әрбір үлгі үшін кемінде 50 бөлшек өлшенді, содан кейін орташа арифметикалық және стандартты ауытқу есептелді.

Бақылау материалы: микроқұрылымдық ерекшеліктерін салыстыру үшін ұқсас әдіспен ұсақталған жұмсақ бидай дәнінің (Triticum aestivum) бақылау үлгілері қосымша зерттелді.

Статистикалық өңдеу

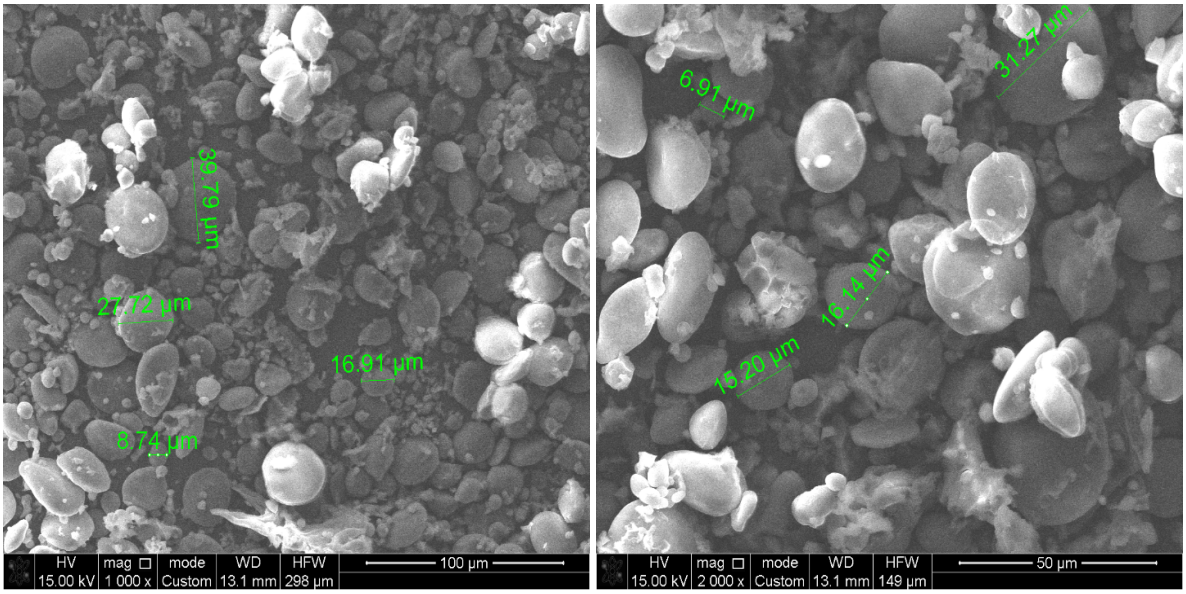
Барлық эксперименттік деректер Statistica 10.0 бағдарламасының (StatSoft, АҚШ) көмегімен статистикалық өңдеуге ұшырады. Таралудың қалыптылығы Шапиро-Вилк критерийі арқылы тексерілді. Үлгілер арасындағы айырмашылықтардың сенімділігі дисперсияның бір жақты талдауы (ANOVA), содан кейін бірнеше салыстыру үшін Tukey сынағы арқылы бағаланды. Маңыздылық деңгейі p <0,05 болды.

Нәтижелер мен талқылау. Quanta 3D 200i сканерлеуші электрондық микроскопта электрондық сәуле бетінің морфологиясын зерттеу үшін үлгіні бомбалайды. Бұл арнайы детектор арқылы жазылатын екінші реттік электрондардың сөндірілуіне әкеледі. Детектор сигналының қарқындылығы, демек, кескіннің жарықтығы материалдың қасиеттеріне және, атап айтқанда, үлгінің беткі рельефіне байланысты. Нәтижесінде зерттелетін аймақтың морфологиясын көрсететін кескін қалыптасады. Үлгілердің беткі морфологиясы сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM) көмегімен зерттелді. Түсіру жоғары вакуум режимінде ($6x10^{-3}$ Па) 15 кВ үдеткіш кернеуде және 13-16 мм жұмыс қашықтығында жүргізілді. Екі жақты көміртекті таспаға бекітілген барлығы 4 үлгі зерттелді. Әрбір үлгі үшін x500-ден x2000-ге дейін үлкейтумен кемінде екі микросурет алынды. Суреттер 100 және 50 мкм ұлғайту мөлшерімен зерттелді және алынған нәтижелердің орташа саны алынды. Зерттеуде HV (High Voltage - Жоғары кернеу), Mag (Magnification - Үлкейту), WD(Working Distance - жұмыс қашықтығы), HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) әртүрлі болды. Құрылымдардың типтік өлшемдері 1-5 суретте көрсетілген.

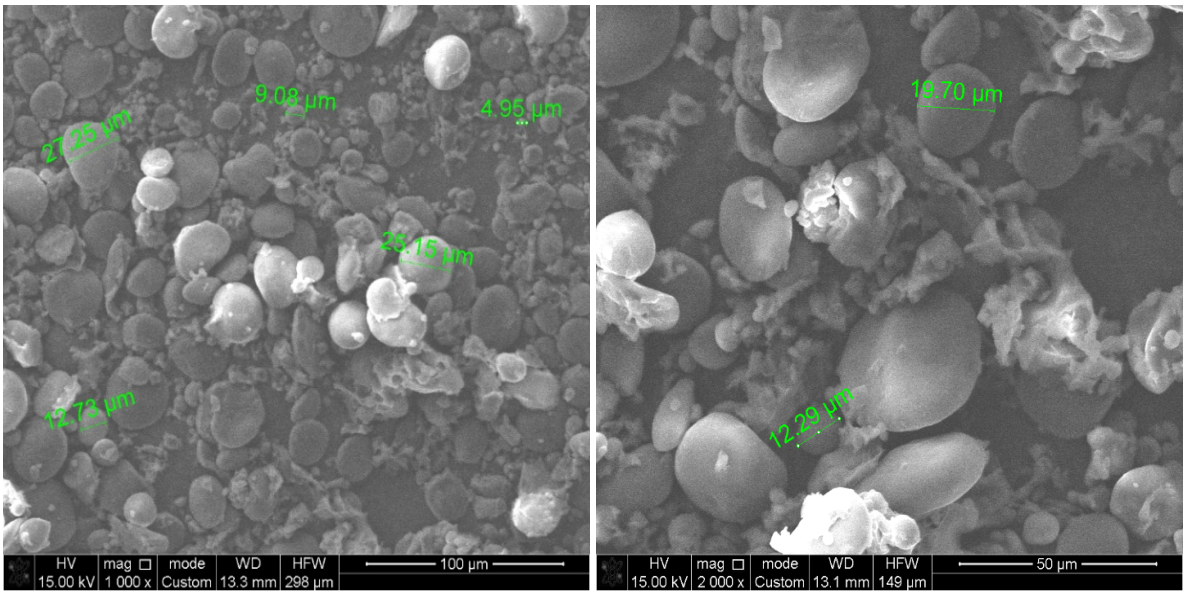
1-суретті талдау CD-1 диірменінде ұсақталған жұмсақ бидай дәнінің (Triticum aestivum) бақылау үлгісі микрожарықтары бар орташа кедір-бұдыр беті және орташа мөлшері 20,34 мкм көрсетті.100 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification - Үлкейту) - 1000x, WD(Working Distance - жұмыс қашықтығы) - 13,1 мм, HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) - 298 µm құрады.50 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification - Үлкейту) - 2000x, WD(Working Distance - жұмыс қашықтығы) - 13,1 мм, HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) - 149 µm құрады. Мұнда крахмал түйіршіктері көрінетін аймақтар және құрылымның деформация аймақтары байқалады. Микрожарықтар санының артуы бөлшектердің белсенді бетінің өсуіне ықпал етеді.

2-суретті талдау CD-1 диірменінде ұнтақтау эндосперм құрылымының ішінара бұзылуына әкелетінін көрсетеді, бұл ретте қабықшалардың фрагменттері мен крахмал түйіршіктері сақта-

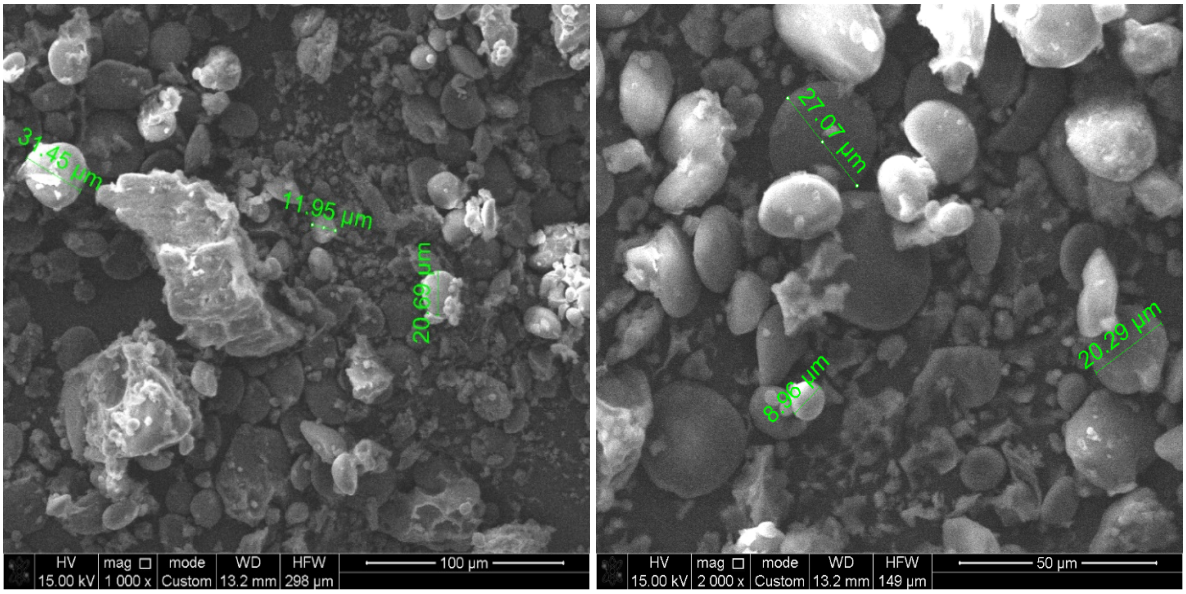
лады.100 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification - Үлкейту) -1000х, WD(Working Distance - жұмыс қашықтығы) - 13,3 мм, HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) - 298 μm құрады.50 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification - Үлкейту) - 2000х, WD(Working Distance - жұмыс қашықтығы) - 13,1 мм, HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) - 149 μm құрады. Бөлшектердің микрожарықтары бар орташа кедір-бұдыр беті және орташа мөлшері 17,2 мкм, бұл ұсақ ұнтақтауға сәйкес келеді. Бұл дәннің бағалы компоненттерін сақтауға мүмкіндік беретін жұмсақ ұнтақтау режимін көрсетеді.



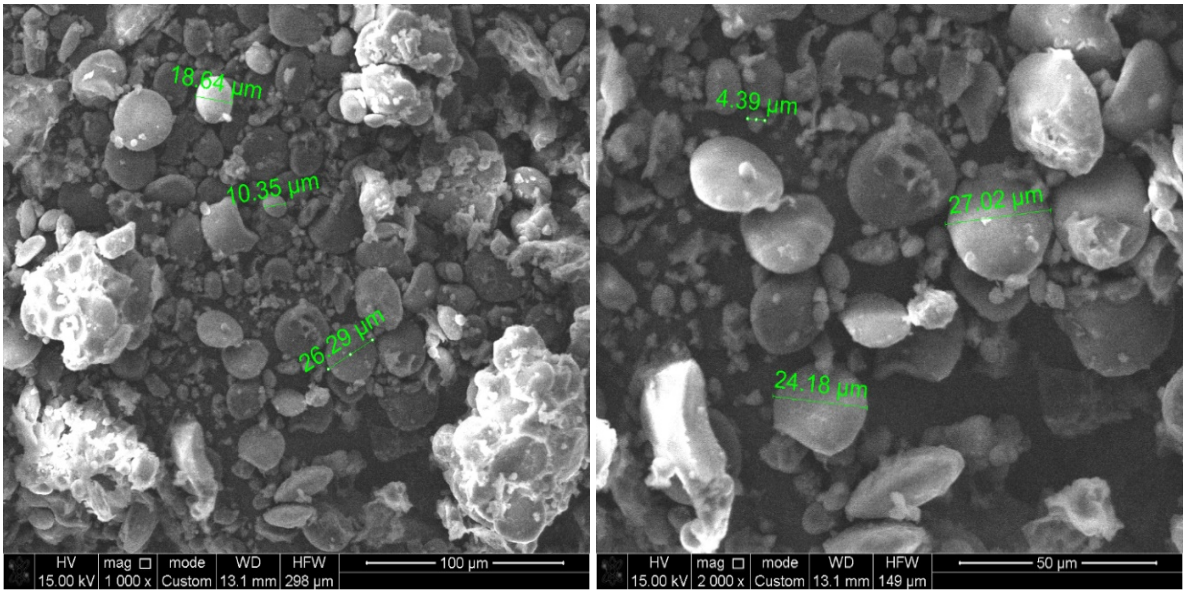
1 - сурет. СД-1 диірменінде ұсақталған жұмсақ бидай дәнінің (Triticum aestivum) бақылау үлгісі



2 - сурет. СД-1 диірменінде ұсақталған «Қожа Элита» тритикале дәнінің үлгісі



3 - сурет. «Қожа Элита» тритикале дәнінің үлгісі – МД-1 дезинтеграторы арқылы алынған орташа ұнтақтау

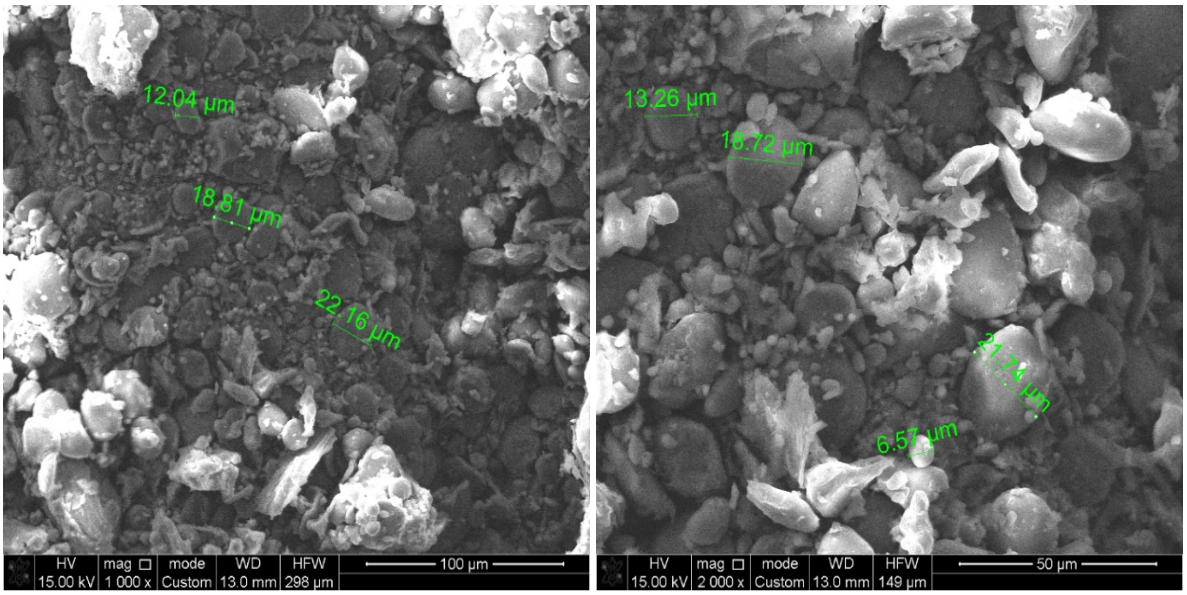


4 - сурет. «Қожа Элита» тритикале дәнінің үлгісі - МД-1 дезинтеграторының көмегімен алынған майда ұнтақтау

3-суретті талдау орташа ұнтақтау ұнның жасушалық құрылымына ішінара зақым келтіретінін көрсетеді.100 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification - Үлкейту) - 1000х, WD(Working Distance - жұмыс қашықтығы) - 13,2 мм, HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) - 298 µm құрады.50 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification -Үлкейту) - 2000х, WD(Working Distance - жұмыс қашықтығы) - 13,2 мм, HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) -

149 μm құрады. Бөлшектердің орташа мөлшері 20,06 мкм. Бетінде крахмал дәндері көрініп, құрылымы деформацияланған жерлер де байқалады. Микрожарықтар санының артуы бөлшектердің белсенді бетінің ұлғаюына әкеледі. Мұндай өзгеріс ұнның ылғалдану қабілетін жақсартуы мүмкін, бірақ шамадан тыс жойылу оның функционалдық қасиеттеріне теріс әсер етуі мүмкін.

Кескінді талдау (4-сурет) майда ұнтақтау нәтижесінде үлгілердің бетінде айқын микрорельефі бар кеуекті құрылымның пайда болғанын көрсетеді.100 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification-Үлкейту) - 1000x, WD(Working Distance - жұмыс қашықтығы) - 13,1 мм, HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) – 298 μm құрады.50 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification - Үлкейту) - 2000x, WD(Working Distance - жұмыс қашықтығы) - 13,1 мм, HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) - 149 μm құрады. Бөлшектердің орташа мөлшері 18,48 мкм. Жасуша құрылымы айтарлықтай бұзылады: жасуша қабырғалары бұзылады, крахмал дәндері деформацияланып, бөлшектенеді. Қарқынды механикалық әрекетті көрсететін материалдың кең аморфизациясы байқалады. Мұндай ұнтақтау реактивтілікті арттырса да, одан әрі өңдеу кезінде материалдың жоғары температураға және ферментативті деградацияға төзімділігін төмендетуі мүмкін.



5 - сурет. «Қожа Элита» тритикале дәнінің үлгісі - MD-1 дезинтеграторының көмегімен алынған ұсақ дисперсті ұнтақтау

Ұсақ дисперсті үлгілердің микросуреттері (5-сурет) құрылымдық өзгерістерді көрсетеді: тритикале дәні толығымен дерлік бұзылған, беті тегіс емес, көптеген жарықтар мен ұсақ фрагменттері бар.100 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification - Үлкейту) - 1000x, WD(Working Distance- жұмыс қашықтығы) - 13,0 мм, HFW (Horizontal Field Width - Көлденең өріс ені) - 298 μm құрады.50 мкм өлшеммен зерттегенде HV (High Voltage - Жоғары кернеу) - 15,00 квт, Mag (Magnification - Үлкейту) - 2000x, WD (Working Distance - жұмыс қашықтығы) - 13,0 мм, HFW (Horizontal Field Width -Көлденең өріс ені) – 149 μm құрады. Бөлшектердің орташа мөлшері 16,19 мкм болды. Крахмал мен белоктар бөлініп, ұсақ бөлшектердің агломераттары түзіледі. Мұндай сипаттамалар мамандандыры-

лған өнімдерді өндіруде қолданылатын ультра майда ұнға тән, бірақ олар агрегация мен функционалдық қасиеттерінің нашарлауын болдырмау үшін ылғалдылықты, кептіруді және сақтау шарттарын қатаң бақылауды талап етеді.

Тритикаленің «Қожа Элита» сортының дәнінің морфологиясын СД-1 диірменінде ұнтақталған жұмсақ бидайдың (Triticum aestivum) бақылау үлгісімен салыстыру беткі қабаттың құрылымында айтарлықтай айырмашылықтарды көрсетті. Бұл айырмашылықтар ұнтақтау режимдеріне тікелей байланысты, бұл дән морфологиясының ұнтақтау дәрежесіне тәуелділігін растайды.

Фрезерлеудің төрт түрін талдау дисперсия дәрежесі мен құрылымның өзгеруі арасындағы дәйекті қатынасты анықтады: ұсақ ұнтақтау жасуша қабырғалары мен эндоспермді бұзады, бұл суды сіңіру, тұтқырлық, гельдік қасиеттер және ферментативті белсенділік сияқты негізгі технологиялық көрсеткіштерге әсер етеді. Мұндай бақылаулар шетелдік зерттеулердің нәтижелерімен сәйкес келеді: мысалы, Ermolaev және т.б. [13] және Jemal және Awulachew [14] бидай ұнының бөлшек мөлшерінің төмендеуі крахмал мен белоктардың бөлінуін күшейтетінін, ферментативті реакциялардың жылдамдығын арттыратынын, бірақ сонымен бірге қамыр құрылымының тұрақтылығын төмендететінін көрсетті. Сонымен қатар, Li және т.б. [15] және Davletshina және т.б. [16]тритикале үшін ұсақ ұнтақтау ақуыздың функционалдық қасиеттерін жақсартатынын, бірақ сақтау шарттары бұзылған жағдайда жасушалық құрылымдардың шамадан тыс фрагментациясына және пісіру сапасының нашарлауына әкелетінін көрсетті.

Осылайша, біздің деректеріміз ұнтақтаудың ұсақтығы мен дәннің құрылымдық тұтастығын сақтау арасындағы оңтайлы тепе-теңдікті табу қажеттілігі туралы халықаралық зерттеушілердің тұжырымдарын растайды. Сканерлеуші электронды микроскопия (SEM) микроқұрылымды талдау және тритикале үшін оңтайлы өңдеу параметрлерін орнату үшін тиімді құрал болып шықты, бұл нәтижелерді астық дақылдарын зерттеудің кең контекстіне бірікті ріруге мүмкіндік береді.

Қорытынды. Тритикаленің «Қожа Элита» сортының дәнінің сканерленген электронды микроскопиясы ұнтақтаудың әртүрлі дәрежесінде оның микроқұрылымындағы өзгерістерді егжей-тегжейлі талдауға мүмкіндік берді. Ұсақ ұнтақтау кезінде эндоспермнің жасушалық құрылымдарының 65-70% дейін жойылатыны, крахмал дәндерінің бөлінуімен және ақуыз матрицаларының ішінара жойылуымен бірге жүретіні анықталды. Орташа ұнтақтау үлгілерінде эндоспермнің зақымдану дәрежесі шамамен 35–40% құрады, бұл ұсақ ұнтақтаумен салыстырғанда құрылымның неғұрлым сақталғанын растайды. Алынған нәтижелер бидай дәнінің морфологиясы бойынша әдебиет деректерімен сәйкес келеді [16,17], бұл сонымен қатар дисперсия дәрежесінің жоғарылауымен жасуша зақымдануының жоғарылауын атап өтеді. Жұмсақ бидайдың бақылау үлгілерімен салыстырған кезде тритикаленің үстіңгі қабатының гетерогенділігі жоғары екені анықталды (ұсақ ұнтақтау кезінде 12–15% жоғары), оны қабықтың құрылымдық ерекшеліктерімен түсіндіруге болады.

Осылайша, тритикале микроқұрылымындағы ең маңызды өзгерістер ұсақ ұнтақтау кезінде болады, бұл өңдеудің технологиялық параметрлеріне және дайын өнімнің сапасына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Ұсынылған сандық сипаттамалар дәннің құрылымдық тұтастығын сақтау және ұн сапасын жақсарту үшін ұнтақтаудың оңтайлы параметрлерін негіздеуге мүмкіндік береді.

Болашақта тритикаленің технологиялық қасиеттеріне микроқұрылымның әсер ету механизмдерін нақтылау үшін фракциялардың физика-химиялық және функционалдық талдауларын қолдану арқылы кеңейтілген зерттеулер жүргізу, сонымен қатар алынған нәтижелерді әдеби деректердің кең ауқымымен салыстыру ұсынылады.

Қаржыландыру. *Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің №AP23488390 «Отандық тритикале сорттарынан алынған ұн негізінде*

ашытқысыз нан өнімдерін дайындаудың же- қаржыландыру шеңберінде жүргізілді. делдетілген технологиясын әзірлеу» гранттық

Литература

1. Mirosavljević M., Momčilović V., Aćin V., Jocković B., Timić J., Jaćimović G. Wheat Barley, and Triticale Response to Nitrogen Fertilization in Pannonian Environment // Agriculture. - 2025. - Vol. 15(7): 683. DOI 10.3390/agriculture15070683.

2. Jańczak-Pieniążek M., Kaszuba J. The Influence of Agrotechnical Factors on the Yield and Quality Parameters of Winter TriticaleGrain//Agriculture.-2024.-Vol.14(12):2219. DOI 10.3390/agriculture14122219.

3. Бадамшина Е.В., et al. Влияние тритикалевой муки и отрубей на показатели качества хлебных палочек// Вестник КрасГАУ. - 2023. - №11. -С.298- 304. DOI 10.36718/1819-4036-2023-11-298-304.

4. Suhovici D., Paiu S., Rumeus I., Boeştean O., Codină G. G., Ghendov-Mosanu A. Current and prospective directions in the use of the grain crops triticale // Journal of engineering science. -2025. -Vol. 32(1). - P.136-150. DOI 10.52326/jes.utm.2025.32(1).11.

5. Zhanabayeva K.K., Zhamalova D., Ruchkina G., Chernyavskaya O., Ongarbayeva N. Biochemical characteristics of triticale flour formed from separate fractions on grinding grain of Kazakhstan selection// Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems.- 2020. -Vol.12(6). - P.709 - 711. DOI 10.5373/JARDCS/V12I6/S20201084.

6. Байкалова Л.П., Попов В.Ю.Питательная ценность и продуктивность зеленой массы яровых пшеницы и тритикале//Вестник КрасГАУ.-2025.-№ (3).-С.62-71. DOI 10.36718/1819-4036-2025-3-62-71.

7. Жанабаева К.К., Онгарбаева Н., Рукшан Л.В. Исследование гранулометрического состава и качества муки из тритикале казахстанской селекции//Вестник МГУП. -2018.-№2(25)- С.65-70.

8. Ponomareva M., Ponomarev S., Mannapova G., Gilmullina L., Garaeva N. Arabinoxylan content in grain of winter triticale varieties compared to other cereals // BIO Web of Conferences, 2025. - Vol.160: 01029. DOI 10.1051/bioconf/202516001029.

9. Zhanabayeva K.K., Ongarbayeva N.O., Ruchkina G.A., Yesseyeva G.K., Smolyakova V.L. Features of technological properties of triticale grain of Kazakhstan' s selection//Journal of Engineering and Applied Sciences. - 2018.- Vol.13(10).-P.8292-8829 DOI 10.3923/jeasci.2018.8292.8299.

10. Beskopylny A.N., Shcherban E.M., Stel'makh S.A., Shilov A.A., Razveeva I., Elshaeva D., Chernil'nik A., Onore, G. Developing Computer Vision Models for Classifying Grain Shapes of Crushed Stone // Sensors. - 2025. -Vol.25(6):1914. DOI 10.3390/s25061914.

11. van Helden K.M., Schmith J., Downs D.T. The influence of vesicularity on grain morphology in basaltic pyroclasts from Mauna Loa and Kīlauea volcanoes // Journal of Applied Volcanology. -2024. -Vol. 13(6). DOI 10.1186/s13617-024-00145-w.

12. Oliveira M. Q., Garcia J. M., Paolinelli S. da C., Santana S. I. V. de, Brandao L. P. Effect of stretching during annealing and decarbonizing treatment on the magnetic properties of grain-oriented electrical steels // Matéria (Rio de Janeiro). - 2025.-Vol.30. DOI 10.1590/1517-7076-rmat-2024-0744.

13. Ermolaev A., Mardini M., Buravkov S., Kudryavtseva N., Khrustaleva L. A Simple and User-Friendly Method for High-Quality Preparation of Pollen Grains for Scanning Electron Microscopy (SEM)// Plants. - 2024. —Vol.13(15):2140. DOI 10.3390/plants13152140.

14. Jemal N. D., Awulachew M. T. Impact of Wheat Tempering Conditions on Flour Particle Size and Thermo-Mechanical Properties // Asian Journal of Biological Sciences. - 2025.-Vol.18(3).-P.669-678. DOI 10.3923/ajbs.2025.669.678.

15. Li X., Ma B., Liu B., Li L., Cao J., Xu C. Study on the mechanism of grain size and residual stress coupling distribution on the intergranular corrosion susceptibility of AZ31B magnesium alloy // RSC Advances. - 2024.-Vol.14(52). -P.38832-38854. DOI 10.1039/d4ra07164f.

16. Давлетшина А.А., Чебыкин Н.С., Замятин Д.А. Дифракция отраженных электронов в исследовании микродеформаций в зернах циркона из метеоритных кратеров: методические аспекты // Литосфера.-2025.-Vol.25(2).-С. 309-319. DOI 10.24930/1681-9004-2025-25-2-309-319.

17. Liu B., Li L., Fu C., Zhang Y., Bai B., Du J., Zeng J., Bian Y., Liu S., Song J., Luo X., Xie L., Sun M., Xu X., Xia X., Cao S. Genetic dissection of grain morphology and yield components in a wheat line with defective grain filling// Theoretical and Applied Genetics. - 2023. -Vol.136(7):165. DOI 10.1007/s00122-023-04410-1.

18. Huang S., Han Y., Song R., Wang X., Zhou Y., Luo H., Ren X., Yu K. Effects of bio-nano-selenium on wheat grain morphology, selenium transport enrichment and antioxidant enzyme activities// Frontiers in Plant Science. - 2025. -Vol.16. -P.1-13. DOI 10.3389/fpls.2025.1516005.

References

1. Mirosavljević M., Momčilović V., Aćin V., Jocković B., Timić J., Jaćimović G. Wheat Barley, and Triticale Response to Nitrogen Fertilization in Pannonian Environment // Agriculture. - 2025. –Vol. 15(7): 683. DOI 10.3390/agriculture15070683.

2. Jańczak-Pieniążek M., Kaszuba J. The Influence of Agrotechnical Factors on the Yield and Quality Parameters of Winter Triticale Grain//Agriculture.-2024. -Vol.14(12):2219. DOI 10.3390/agriculture14122219.

3. Badamshina E.V., et al. Vlijanie tritikalevoj muki i otrubej na pokazateli kachestva hlebnyh palochek// Vestnik KrasGAU. - 2023.- №11.-S.298-304. DOI 10.36718/1819-4036-2023-11-298-304. [In Russian]

4. Suhovici D., Paiu S., Rumeus I., Boeştean O., Codină G. G., Ghendov-Mosanu A. Current and prospective directions in the use of the grain crops triticale // Journal of engineering science, 2025. –Vol. 32(1). - P.136-150. DOI 10.52326/jes.utm.2025.32(1).11.

5. Zhanabayeva K.K., Zhamalova D., Ruchkina G., Chernyavskaya O., Ongarbayeva N. Biochemical characteristics of triticale flour formed from separate fractions on grinding grain of Kazakhstan selection// Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. - 2020. - Vol.12 (6). - P.709711. DOI 10.5373/JARDCS/V12I6/S20201084.

6. Bajkalova L.P., Popov V.Ju.Pitatel’ naja cennost’ i produktivnost’ zelenoj massy jarovyh pshenicy i tritikale // Vestnik KrasGAU. - 2025.- № (3). -C.62-71. DOI 10.36718/1819-4036-2025-3-62-71. [In Russian]

7. Zhanabaeva K.K., Ongarbaeva N., Rukshan L.V. Issledovanie granulometricheskogo sostava i kachestva muki iz tritikale kazahstanskoj selekcii // Vestnik MGUP. -2018. -№ 2(25) -S.65-70. [In Russian]

8. Ponomareva M., Ponomarev S., Mannapova G., Gilmullina L., Garaeva N. Arabinoxylan content in grain of winter triticale varieties compared to other cereals // BIO Web of Conferences, 2025. - Vol.160: 01029. DOI 10.1051/bioconf/202516001029

9. Zhanabayeva K.K., Ongarbayeva N.O., Ruchkina G.A., Yesseyeva G.K., Smolyakova V.L. Features of

technological properties of triticale grain of Kazakhstan' s selection//Journal of Engineering and Applied Sciences.-2018.-Vol.13(10). -P.8292-8829. DOI10.3923/jeasci.2018.8292.8299.

10. Beskopylny A.N., Shcherban E.M., Stel'makh S.A., Shilov A.A., Razveeva I., Elshaeva D., Chernil'nik A., Onore, G. Developing Computer Vision Models for Classifying Grain Shapes of Crushed Stone // Sensors. - 2025. - Vol.25(6):1914. DOI 10.3390/s25061914.

11. van Helden K.M., Schmith J., Downs D.T. The influence of vesicularity on grain morphology in basaltic pyroclasts from Mauna Loa and Kīlauea volcanoes // Journal of Applied Volcanology. -2024. - Vol. 13(6). DOI 10.1186/s13617-024-00145-w.

12. Oliveira M. Q., Garcia J. M., Paolinelli S. da C., Santana S. I. V. de, Brandao L. P. Effect of stretching during annealing and decarbonizing treatment on the magnetic properties of grain-oriented electrical steels // Matéria (Rio de Janeiro). - 2025.- Vol.30. DOI 10.1590/1517-7076-rmat-2024-0744.

13. Ermolaev A., Mardini M., Buravkov S., Kudryavtseva N., Khrustaleva L. A Simple and User-Friendly Method for High-Quality Preparation of Pollen Grains for Scanning Electron Microscopy (SEM)// Plants. - 2024. -Vol.13(15):2140. DOI 10.3390/plants13152140.

14. Jemal N. D., Awulachew M. T. Impact of Wheat Tempering Conditions on Flour Particle Size and Thermo-Mechanical Properties //Asian Journal of Biological Sciences. - 2025.-Vol.18(3).- P.669-678. DOI 10.3923/ajbs.2025.669.678.

15. Li X., Ma B., Liu B., Li L., Cao J., Xu C. Study on the mechanism of grain size and residual stress coupling distribution on the intergranular corrosion susceptibility of AZ31B magnesium alloy // RSC Advances. - 2024.- Vol.14(52). -P.38832-38854. DOI 10.1039/d4ra07164f.

16. Davletshina A.A., Chebykin N.S., Zamjatin D.A. Difrakcija otrazhennyh jelektronov v issledovanii mikrodeformacij v zernah cirkona iz meteoritnyh kraterov: metodicheskie aspekty// Litosfera.-2025.- Vol.25(2). - C.309-319. DOI 10.24930/1681-9004-2025-25-2-309-319. [In Russian]

17. Liu B., Li L., Fu C., Zhang Y., Bai B., Du J., Zeng J., Bian Y., Liu S., Song J., Luo X., Xie L., Sun M., Xu X., Xia X., Cao S. Genetic dissection of grain morphology and yield components in a wheat line with defective grain filling// Theoretical and Applied Genetics. - 2023. -Vol.136(7):165. DOI 10.1007/s00122-023-04410-1.

18. Huang S., Han Y., Song R., Wang X., Zhou Y., Luo H., Ren X., Yu K. (2025). Effects of bio-nano-selenium on wheat grain morphology, selenium transport enrichment and antioxidant enzyme activities// Frontiers in Plant Science. - 2025. -Vol.16. - P.1-13. DOI 10.3389/fpls.2025.1516005.

Авторлар туралы мәліметтер

Изтаев А. - техника ғылымдарының докторы, профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: auelbekking@mail.ru;

Якияева М.А. - философия ғылымдарының докторы (Ph.D), қауымдастырылған профессор, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: yamadina88@mail.ru;

Изтаев Б.А.– техника ғылымдарының кандидаты, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: baurgoldman@mail.ru;

Турсунбаева Ш.А. – философия докторы (Ph.D), «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: sh.tursunbaeva@bk.ru;

Мухтарханова Р.Б. - техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: rauan_78@mail.ru;

Мамыраев М.Н. - магистр, докторант, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: maks1690@mail.ru;

Рахымбаева М.Н. - магистр, докторант, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail:

m.r.n_8704@mail.ru

Information about authors

Iztayev A. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Almaty Technological University JSC, Almaty, Kazakhstan, e-mail: auelbekking@mail.ru;

Yakiyayeva M. - Doctor of Philosophy (Ph.D), associated professor, Almaty Technological University JSC, Almaty, Kazakhstan, e-mail:
yamadina88@mail.ru;

Iztayev B. - Candidate of Technical Sciences, JSC Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: baurgoldman@mail.ru;

Tursunbaeva S. - Doctor of Philosophy (Ph.D), JSC ”Almaty Technological University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: sh.tursunbaeva@bk.ru;

Mukhtarkhanova R. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, JSC Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: rauan_78@mail.ru;

Mamyraev M. - master, PhD student, Almaty Technological University JSC, Almaty, Kazakhstan, e-mail: maks1690@mail.ru;

Rakhymbayeva M.- master, PhD student, Almaty Technological University JSC, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.r.n_8704@mail.ru