

УДК 631.811.98

<sup>2</sup>А.Е. Ережепов, <sup>1</sup>С.Б. Ибрагимова,  
<sup>1</sup>Е.Ю. Гуккенгеймер, <sup>2</sup>Б.Р. Кударов, <sup>2</sup>Д.А. Ережепов,  
<sup>1</sup>М.К. Гильманов

<sup>1</sup>Институт молекулярной биологии и биохимии имени М.А. Айтхожина,  
Республика Казахстан, г. Алматы

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Республика Казахстан, г. Алматы

\*E-mail:

### Влияние ПМУ на продуктивность и качество зерна пшеницы в засушливых условиях

В работе обсуждаются результаты применения патентованного препарата микроудобрений (ПМУ), выделенных из незрелых семян вяза мелколистного (*Ulmus parvifolia*), с целью повышения стрессоустойчивости и продуктивности зерновых культур. Замачивание семян пшеницы перед посевом в концентрации 60 мкг/л приводит к сохранению высокой продуктивности растений в засушливых условиях юга Казахстана. Определяющим фактором стабилизации ростовых процессов под влиянием ПМУ, на фоне стрессовых условий, является последовательное усиление активности ферментного комплекса МДГ-ГОАТ.

При одинаковой влажности зерна по содержанию крахмала, клетчатки и амилазной активности муки испытываемые образцы различались незначительно. В то же время некоторые показатели, характеризующие биологическую и технологическую ценность продукта (белок, клейковина и ее качество), заметно снизились. Но основные показатели продуктивности растений (урожай, ц/га), в том числе элементы структуры урожая (масса 1000 зерен, продуктивная кустистость), а также интенсивность фотосинтеза в органах растений по уровню хлорофиллов *a* и *b*, была значительно выше в опытном варианте. В итоге, урожай зерна на посевной площади составил в контрольном варианте – 12,5 ц/га, а на опытном участке – 17,8 ц/га. При изучении количественных показателей качества зрелого зерна в этих же опытах нами не было обнаружено улучшение признаков качества в вариантах опыта.

**Ключевые слова:** препарат микроудобрения, ферментный комплекс МДГ-ГОАТ, стрессоустойчивость.

A. Yerezhpov, S. Ibragimova, Y. Gukkengeymer, B. Kudarov, D. Yerezhpov, M. Gilmanov  
**Influence of MFP on productivity and quality of cereals in arid conditions**

The paper discusses the results of a patented preparation isolated from immature seeds of Chinese elm (*Ulmusparvifolia*) to increase stress tolerance and productivity of cereals. Soaking the seeds of wheat in the microfertilizer solution at a concentration of 60 mg/L prior to planting, resulting in the preservation of high plant productivity in the arid conditions of the south Kazakhstan. The determining factor in the stabilization of growth processes under the influence of the microfertilizer amid the stressful conditions, is the consistent increase in activity of the enzyme complex MDH-GOGAT.

At the same moisture of grain tested samples differenced slightly by starch and fiber content and amylase activity of the flour. On the contrary, some indicators characterizing the biological and technological value of the product (protein, gluten and its quality) significantly decreased. But the main indicators of plant productivity (crop, dt per ha), including elements of yield structure (mass of 1000 grains, productive tillering) as well as the rate of photosynthesis in the plant organs in terms of chlorophyll *a* and *b*, was significantly higher in the experimental samples. As a result, grain yield on the cultivated area was as follows: in the control variant 12.5 t/ha, and in the experimental plot – 17.8 t/ha. When studying the quantitative quality of mature grain in the same experiments, we found no signs of improvement in the quality of the experimental variants.

**Key words:** microfertilizer, enzyme complex MDH-GOGAT, stress tolerance.

А.Е. Ережепов, С.Б.Ибрагимова, Е.Ю.Гуккенгеймер,  
Б.Р. Кударов, Д.А. Ережепов, М.К. Гильманов

### Құрғақшылық жағдайдағы бидай дәнінің өнімділігі мен сапасына МТП әсері

Мақалада астық дақылдарының стресске төзімділігі мен өнімділігін жоғарылату мақсатында майда жапырақты қарағаштың (*Ulmus parvifolia*) піспеген дәндерінен бөлініп алынған және патенттелген микротыңайтыш препаратын (МТП) қолдану нәтижелері қарастырылады. Егу алдында бидай дәндерін концентрациясы 60 мкг/л болатын ерітіндіде ұстау Қазақстанның оңтүстік аймақтарының құрғақшылық жағдайларында өсімдіктердің жоғары өнімділігін сақтауға мүмкіндік береді. Өсу процестері тұрақтылығының басты факторы, стресс жағдайларының фонында, МДГ-ГОАТ ферменттік кешені активтілігінің жүйелі түрде өсуімен байланысты.

Дән ылғалдылығы бірдей болған жағдайда ұнның крахмал, клетчатка және амилаза активтілігі бойынша үлгілерде аздаған ғана өзгешіліктер болатындығы анықталды. Керісінше, өнімнің биологиялық және технологиялық (белок, клейковина және оның сапасы) сияқты кейбір көрсеткіштері төмендеді. Бірақ өсімдік өнімділігінің негізгі көрсеткіштері (түсім, ц/га), оның ішінде алынған өнімнің құрылымы (1000 дәннің массасы, сабақ шоғырының өнімділігі), сонымен қатар *a* және *b* хлорофилдерінің деңгейі бойынша, фотосинтез белсенділігі тәжірибе үлгісінде әлдеқайда жоғары болды. Қорытындылай келе, егіс аумағынан алынған өнім мөлшері: бақылау вариантында – 12,5 ц/га, ал тәжірибе вариантында – 17,8 ц/га құрады. Осы тәжірибелерде, піскен дән сапасының сандық мәндерін зерттеу нәтижесінде, тәжірибе варианттарында көрсеткіштердің жақсаруы байқалмады.

**Түйін сөздер:** микротыңайтыш препараты, МДГ-ГОАТ ферменттік кешені, стресске төзімділік.

### Введение

Одной из острых проблем растениеводства в Казахстане является достижение устойчивости зерновых культур к неблагоприятным условиям окружающей среды – засухе и засухе, ранним заморозкам, к холоду и засолению почв. Каждый из указанных, достаточно суровых экологических факторов, в отдельности, существенно снижает продуктивность растений, ухудшая прогнозы и надежды на хороший урожай. Поэтому десятилетиями на огромных площадях зернового клина ежегодно средняя урожайность пшеницы не превышает 13 ц/га. Последствия негативной экологической нагрузки, в конечном счете, приводят к нарушению регламента производства товарного зерна в целом, затрудняя плановое ведение этой важной отрасли экономики страны. Селекционерами, совместно с генетиками и физиологами растений, проводится огромная работа по решению данной проблемы, вплоть до селекции определенных экологических биотипов (сортов) пшеницы. Однако, как показывает практика, многие полезные генетические признаки сорта, определяющие хозяйственно-биологическую ценность урожая, со временем элиминируются в ходе жесткого экологического отбора.

В наших изысканиях был выбран молекулярно-биологический, внутриклеточный вектор экзогенной регуляции механизмов устойчивости растений к стрессу. Исследования направ-

лены на поиск возможных регуляторных путей достижения равновесия обменных процессов в онтогенезе растений с целью повышения стрессоустойчивости и продуктивности зерновых культур. Результаты влияния экзогенного регулятора на устойчивость пшеницы путем замачивания семян перед посевом и внекорневой обработки растений в период вегетации, обсуждены нами ранее [1-4]. На препарат выдан инновационный патент РК № 27267 от 15.08.2013 г., бюлл. № 8 [5].

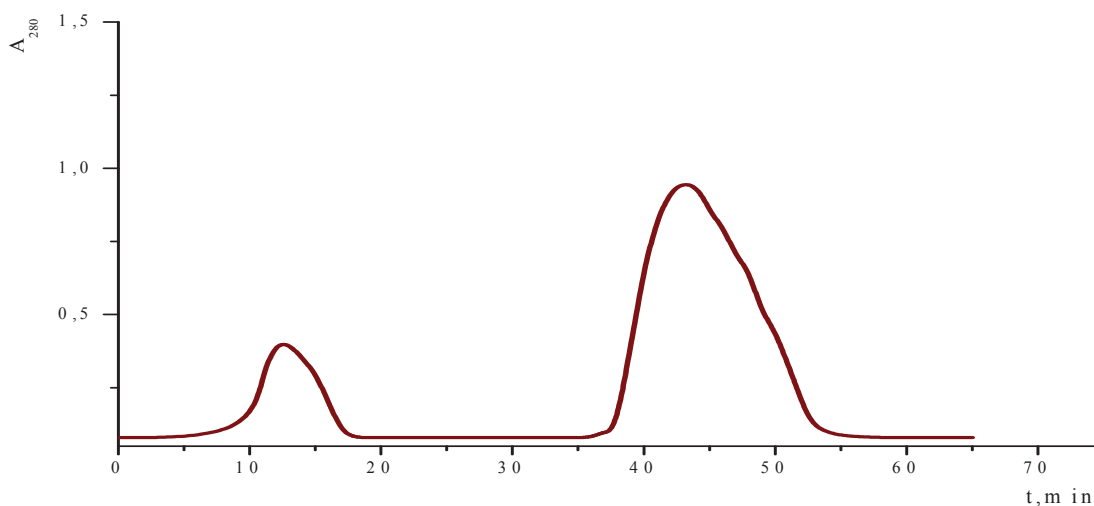
### Материалы и методы

**Условия вегетационного опыта** (озимый посев). Объект исследования – озимая пшеница Стекловидная 24. Сорт твердозерной пшеницы районирован в южной зоне Казахстана, согласно СТ РК 1046-2008 относится к 3- типу и используются в хлебопекарных целях. Полевые опыты проводились на территории АБС КазНУ им. аль-Фараби (Алматинская область, Илийский район пос. Жана-Талап) в богарных условиях. Климатические условия 2013/14 года, по данным метеослужбы региона, были засушливыми и неблагоприятными, особенно, для озимых культур. Осень 2013 года была засушливой, в период посева до наступления холодов осадков не было, первые осадки были отмечены только в период вегетации в июне 2014 г. Следовательно, выращиваемые в полевых условиях растения изначально, а также в период весенней

активной фазы вегетации испытывали физиологический стресс.

**Характеристика препарата.** Испытуемый препарат ПМУ выделен из зеленых крылаток (незрелых семян) Вяза мелколистного (*Ulmus parvifolia*). Образцы крылаток (семян) гомогенизировали, спиртовой экстракт подвергли очист-

ке на хроматографической колонке с нанокарбосорбом. Очищенный препарат в концентрации 60 мкг/л использовали для замачивания семян пшеницы в течение 12 час. Разработанная нами биотехнология получения препарата подробно описана [4]. ниже приведены результаты хроматографии спиртового экстракта крылаток (рис. 1).



**Рисунок 1** – Хроматография спиртового экстракта зеленых крылаток Вяза мелколистного (*Ulmus parvifolia*) на колонке с «Нанокарбосорбом»

Для определения категории физиологически активного начала ПМУ был использован классический биотест. Как известно, тестом на цитокининовую активность является стимуляция ими синтеза **бетацанинов** в проростках амаранта (*Amaranthus caudatus* L.). Под воздействием ПМУ в стебельках амаранта происходит активация синтеза бетацанинов – амарантина, который обуславливает синюю окраску стебельков проростков амаранта. Активность ПМУ пропорциональна концентрации амарантина в стеблях амаранта. Поэтому, выделенный нами из незрелых семян Вяза (*Ulmus parvifolia*) препарат микроудобрений (ПМУ), по схожести физиологического действия, назван медиатором цитокинина (МЦ). Концентрацию амарантина определяли на спектрофотометре Ultraspec 1100 pro (Amersham Biosciences, США) по экстинкции при длине волны 540 нм.

**Активность ФК МДГ-ГОАТ.** Спектрофотометрический метод определения активности НАДФН-ГДГ, описан в книге «Методы молекулярной биологии, биохимии, иммунохимии и биотехнологии» [6]. Реакционная смесь для

определения активности ФК содержала 1мМ – НАД, 20мМ – малата, 7,85 мМ глутамата натрия, трис-фосфатный буфер, рН 8.

**Определение качества зерна.** Качество зерна озимой пшеницы изучали в широком спектре показателей: белок (%), крахмал (%), клетчатка (%), клейковина (%), число падения (амилазная активность, сек), стекловидность и твердозерность (%) и др. Анализ и определение основных параметров, характеризующих ценность образца проводили на анализаторах фирмы Пертен (Швеция) в соответствии с международными стандартами (ИСС, ААСС, ИСО), а также дублировали по установленным на территории РК стандартам (ГОСТ). Как известно, совокупность вышеуказанных признаков – показателей качества отражают биологическую, пищевую и технологическую ценность зерна, а в конечном счете, потребительские свойства сырья – зерна, муки [7].

### Результаты и их обсуждение

Ферментный комплекс МДГ-ГОАТ (ФК) осуществляет весьма важные реакции азотного

метаболизма, а именно, расщепление глутамата без выделения аммиака с образованием ценного метаболита – аспартата, а также важного энергетического кофермента НАДН. Аспартат,

в свою очередь, необходим для синтеза многих аминокислот и пуринов. Статус указанного ферментного комплекса (ФК) в период колошения пшеницы представлен в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1** – Активность ФК МДГ-ГОАТ пшеницы сорта «Стекловидная-24» (фаза колошения по отдельным органам растения)

№ п/п	Варианты	Орган	Активность мкМ/мл
1	Контроль	Лист	0,77 ± 24,1
		Стебель	1,44 ± 45,0
		Колосковые чешуйки	3,56 ± 111,35
2	Опыт	Лист	1,36 ± 42,41
		Стебель	1,94 ± 60,71
		Колосковые чешуйки	4,25 ± 132,97

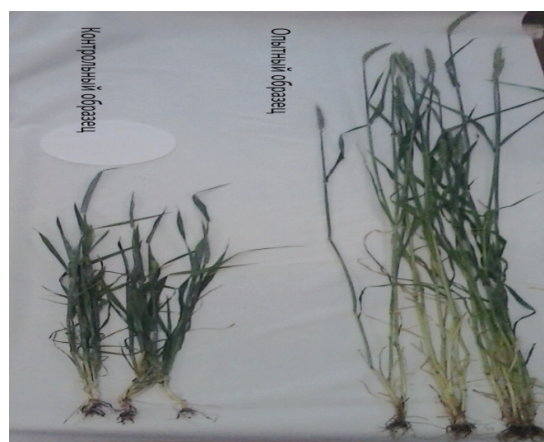
В опытах с применением ПМУ активность ФК в органах пшеницы значительно превышала контроль. Следовательно, ПМУ оказывает активирующий эффект на ключевую реакцию азотного обмена, осуществляемую ферментным

комплексом МДГ-ГОАТ. Необходимо отметить, что наблюдаемые изменения в метаболизме азота происходят на естественном агрофоне, без дополнительного внесения азота в почву, в относительно засушливых условиях опыта.

**Таблица 2** – Активность ФК МДГ-ГОАТ в зерне и колосковых чешуях озимой пшеницы сорта «Стекловидная-24» (фаза молочно-восковой спелости)

№ п/п	Варианты	Орган	Активность ФК МДГ-ГОАТ мкМ/мл
1	Контроль	Зерно	6,95 ± 198,75
		Колосковые чешуи	1,67 ± 47,71
2	Опыт	Зерно	9,81 ± 280,44
		Колосковые чешуи	1,75 ± 50,11

Кроме того, в наших опытах содержание главного пигмента фотосинтеза – хлорофилла (*a* и *b*) в листьях опытных растений (ПМУ-МЦ) было выше. Полученные данные согласуются с результатами опытов К. Мотес и др. [8], которые показали, что обогащение тканей цитокининами предотвращает распад хлорофилла и деградацию внутриклеточных структур у изолированных листьев. Эти же авторы установили, что участок изолированного листа, обработанный цитокинином (кинетином), становится зоной притяжения меченых аминокислот и других метаболитов. На рисунке 1 показано состояние растений к началу репродуктивного развития пшеницы.



**Рисунок 2** – Состояние опытных и контрольных растений озимой пшеницы Стекловидная 24 (фаза формирования зерна, 2014 г.)

**Таблица 3** – Показатели качества зерна озимой пшеницы сорта «Стекловидная -24» урожая 2014 года по ГОСТ РК

№ п/п	Образец	Число падения, сек (метод ISO 3093:2009-прибор Falling Number 1700, Швеция, Perten Instruments)	Сырая клейковина (метод ГОСТ 13586.1-68-ручная отмывка)		Стекловидность, % (визуальный метод ГОСТ 10987-76)	Влажность % (ГОСТ 13586.5-93)
			Количество сырой клейковины, %	Качество сырой клейковины, ед. ИДК/гр.		
1	Контроль	4,20 ± 467	0,64 ± 24,8	95-III группа	54	0,27 ± 10,8
2	Опыт	4,17 ± 457	0,52 ± 20,1	80-II группа	48	0,27 ± 10,7

При изучении количественных показателей качества зрелого зерна в этих же опытах нами не было обнаружено улучшение признаков качества в вариантах опыта. Для достоверности результатов анализа определение важнейших параметров качества зерна нами проводилось как по традиционному методу ГОСТ, так и используя современные аналитические приборы, согласно международным стандартам.

При одинаковой влажности зерна по содержанию крахмала, клетчатки и активности амилазы муки испытываемые образцы различались незначительно. Наоборот, некоторые показатели, характеризующие биологическую и технологическую ценность продукта (белок, клейковина и ее качество) заметно снизились. Но основные показатели продуктивности растений (урожай, ц/га), в том числе элементы структуры урожая (масса 1000 зерен, продуктивная кустистость), а также интенсивность фотосинтеза в органах растений по уровню хлорофилла, была значительно выше в опытном варианте. В итоге, урожай зерна на посевной площади составил: в контрольном варианте 12,5 ц/га, а на опытном участке – 17,8 ц/га.

Наиболее значимым результатом испытания препарата ПМУ на зерновых культурах является

его высокая эффективность в поддержании устойчивости растений в засушливых условиях. При этом определяющим фактором стабилизации ростовых процессов под влиянием ПМУ, на фоне стрессовых условий, являются последовательное усиление активности ферментного комплекса МДГ-ГОАТ и главного фермента ассимиляции минерального азота – NADPH-ГДГ. Под влиянием ПМУ выявлена существенная разница в содержании хлорофиллов (*a* и *b*), а также по целому ряду элементов структуры урожая между контрольными и опытными растениями, что свидетельствует об интенсивности фотосинтеза в органах опытных растений. Некоторое снижение показателей качества зерна, на фоне высокой продуктивности (17,8 ц/га) на опытных участках, по-видимому, можно отнести к известной в научной литературе отрицательной корреляции между белковостью зерна и продуктивностью растений [9]. При повышении дозы азотных удобрений, в сочетании с использованием испытываемого препарата ПМУ в качестве внекорневой подкормки растений, можно восстановить и улучшить качество урожая. Исследования по испытанию экзогенного регулятора азотного обмена (ПМУ) будут продолжены в указанном направлении.

**Таблица 4** – Определение показателей качества зерна (по международным стандартам)

№ п/п	Образец	Экспресс определение на NIR-анализаторе DA 7200 (Швеция)					
		Влажность, % ИССРекомендация 202)	Белок (N x 5,7), % on DB (ICC 159)	Крахмал, % on DB (ISO 12099:2010)	Твердозёрность (ААСС 39-70)	Индекс седиментации по методу Зелени, см <sup>3</sup> (ISO 12099:2010)	Клетчатка % DB (ISO 12099:2010)
1	Контроль	0,25 ± 11,06	0,38 ± 14,13	1,43 ± 68,3	85,6	1,05 ± 61,7	0,07 ± 2,70
2	Опыт	0,24 ± 11,03	0,30 ± 11,37	1,48 ± 70,5	78,3	0,82 ± 48,4	0,07 ± 2,60

## Литература

- 1 Miller C., Skoog F., Saltza M. von. and Strong F. Kinetin, a cell division factor from deoxyribonucleic acid // *Journal Amer. Chem. Soc.* – 1955.-V. 77.-P. 1392.
- 2 Немкович А.И. Экономический эффектот внекорневой подкормки зерновых микроудобрениями в хелатной форме // *Журнал «Земледелие и растениеводство»*.- Минск, 2011.- №3. – С.22-23
- 3 Гуляева А.Б., Богдан М.М. Экспресс-определение чувствительности устойчивых сортов растений озимой пшеницы к внекорневой обработке // *Современные научные исследования и инновации.* – 2012.- № 8
- 4 Murat Gilmanov, AdilYrezhepov, Nurzhan Dosbaev, Sanyam Ibragimova, Adlet Esmambetov. The unique organic microfertilizer as the new prospective compound for agroecology // *Advanced materials research.* – 2013.-V. 650. – P. 156-161.
- 5 Гильманов М.К., Ибрагимова С.А., Кульбаева Г.А., Филимонова О.В., Гуккенгеймер Е.Ю., Сафонов Д.П. Способ получения органического микроудобрения // *Инновационный патент РК.* - 2013.- № 27267.
- 6 Колдасова А.С., Гильманов М.К., Шалахметова Г.А., Цветкова Б.М., Колдасова Ш.С. //Методы изучения ферментного комплекса: малатдегидрогеназы – глутаматоксалоацетатаминотрансферазы, осуществляющего необратимое расщепление глутамата зерна пшеницы // *Статьи методического сборника ИМБиБ «Методы молекулярной биологии, биохимии, иммунохимии и биотехнологии»*.- Алматы, 1999.-С. 93-98.
- 7 Кударов Б.Р., Ережепов А.Е. *Техническая биохимия.* КазНУ им. аль-Фараби. Алматы, 2011, 259 с.
- 8 Mothes K., Engelbrecht L. Kinetin und das Problem der Akkumulation 16a-licher Stickstoff-Verbindungen // *Monatsber. Dtsch. Akad. Wiss.* – Berlin, 1959. -№ 1.-P. 367.
- 9 Павлов А.Н., Колесник Т.И. О причинах, определяющих различный уровень накопления белка в зерне высоко – и низкobelковых сортов пшеницы // *Физиология растений.* – 1974.- Т.21, №2.- С. 329-335.

## References

- 1 Miller C., Skoog F., Saltza M. von. and Strong F. Kinetin, a cell division factor from deoxyribonucleic acid // *Journal Amer. Chem. Soc.* – 1955.-V. 77.-P. 1392.
- 2 Nemkovich A.I. Jekonomicheskij jeffektot vnekornevoj podkormki zernovyh mikroudobrenijami v helatnoj forme // *Zhurnal «Zemledelie i rastenievodstvo»*.- Minsk, 2011.- №3. – S.22-23
- 3 Guljaeva A.B., Bogdan M.M. Jekspress-opredelenie chuvstvitel'nosti ustojchivyh sortov rastenij ozimoj pshenicy k vnekornevoj obrabotke // *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii.* – 2012.- № 8
- 4 Murat Gilmanov, AdilYrezhepov, Nurzhan Dosbaev, Sanyam Ibragimova, Adlet Esmambetov. The unique organic microfertilizer as the new prospective compound for agroecology // *Advanced materials research.* – 2013.-V. 650. – P. 156-161.
- 5 Gil'manov M.K., Ibragimova S.A., Kul'baeva G.A., Filimonova O.V., Gukkengejmer E.Ju., Safonov D.P. Sposob polucheniya organicheskogo mikroudobreniya // *Innovacionnyj patent RK.* - 2013.- № 27267.
- 6 Koldasova A.S., Gil'manov M.K., Shalahmetova G.A., Cvetkova B.M., Koldasova Sh.S. //Metody izuchenija fermentnogo kompleksa: malatdegidrogenazy – gljutamatoksaloacetataminotransferazy, osushhestvljajushhego neobratimoe rasshheplenie gljutamata zerna pshenicy // *Stat'i metodicheskogo sbornika IMBiB «Metody molekularnoj biologii, biohimii, immunohimii i biotehnologii»*.- Almaty, 1999.-S. 93-98.
- 7 Kudarov B.R., Erezhepov A.E. *Tehnichekaja biohimija.* KazNU im. al' -Farabi. Almaty, 2011, 259 s.
- 8 Mothes K., Engelbrecht L. Kinetin und das Problem der Akkumulation 16a-licher Stickstoff-Verbindungen // *Monatsber. Dtsch. Akad. Wiss.* – Berlin, 1959. -№ 1.-R. 367.
- 9 Pavlov A.N., Kolesnik T.I. O prichinah, opredelajushhh razlichnyj uroven' nakoplenija belka v zerne vysoko – i nizkobelkovyh sortov pshenicy // *Fiziologija rastenij.* – 1974.- Т.21, №2.- S. 329-335.