

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ / PLANT BREEDING, SEED
PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.73>

ПОЛИМОРФИЗМ ПО В-АМИЛАЗЕ ОБРАЗЦОВ ТЕТРАПЛОИДНОГО ВИДА *TRITICUM CARTHLICUM*
NEVSKI. (=T. PERSICUM VAV.)

Научная статья

Тоболова Г.В.^{1,*}, Киришина М.К.²

¹ORCID : 0000-0002-8712-0122;

^{1,2} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (tobolovagv[at]gausz.ru)

Аннотация

Представлены результаты изучения зимограмм зерновок пяти образцов карталинской пшеницы и двух сортов мягкой пшеницы в 2007-2009 гг. в условиях Северного Зауралья. Электрофоретический анализ изофермента β-амилазы показал, что образцы К-7881, К-7887 и К-32484 были монотипными по годам исследования, а К-17555 и К-17581 – политипными. Сравнительный анализ зимограмм этих образцов показал гетерогенность локуса β-амилазы. У образцов К-17555 и К-17581 в 2007 году наряду с зимотипом *H* идентифицирован зимотип *I*. У образцов карталинской пшеницы преобладал зимотип *H* относительно стандартных сортов мягкой пшеницы. У зерновок образца К-32484 (var. *fuliginosum*) по локусу β-амилазы идентифицирован зимотип *C*, который был характерен мягкой пшенице сорта Новосибирская 15.

Ключевые слова: карталинская пшеница, β-амилаза, зимотип.

POLYMORPHISM OF B-AMYLASE IN SAMPLES OF THE TETRAPLOID SPECIES *TRITICUM CARTHLICUM*
NEVSKI. (=T. PERSICUM VAV.)

Research article

Tobolova G.V.^{1,*}, Kirshina M.K.²

¹ORCID : 0000-0002-8712-0122;

^{1,2} State Agrarian University of the Northern Urals, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (tobolovagv[at]gausz.ru)

Abstract

The results of the study of grain zymograms of five samples of Kartali wheat and two varieties of soft wheat in 2007-2009 in the conditions of the Northern Trans-Urals are presented. Electrophoretic analysis of β-amylase isoenzyme showed that the samples K-7881, K-7887 and K-32484 were monotypic in the years of study, and K-17555 and K-17581 were polytypic. A comparative analysis of zymograms of these samples showed heterogeneity of the β-amylase locus. In 2007, in samples K-17555 and K-17581 along with zymotype *H*, zymotype *I* was identified. In samples of Kartali wheat, zymotype *H* prevailed relative to standard soft wheat varieties. In grains of sample K-32484 (var. *fuliginosum*) zymotype *C* was identified by β-amylase locus, which was characteristic of soft wheat of Novosibirskaya 15 variety.

Keywords: Kartali wheat, β-amylase, zymotype.

Введение

Важную роль в полноценности семян пшеницы, в их качестве и силе играет химический состав [1]. Наряду с основными веществами, определяющими как питательную, так и технологическую ценность зерна – это белки и крахмал, немаловажное значение имеют ферменты, которые участвуют практически во всех биологических процессах. Значительное влияние представляет фермент – амилаза, который катализирует гидролиз крахмала, гликогена и других полисахаридов с образованием олиго – и моносахаридов. В ходе этого каталитического процесса в качестве промежуточного продукта образуются коллоидные вещества разного молекулярного веса, называемые декстринами [2].

В распаде главного запасного вещества в зерне участвуют изоферменты α- и β- формы амилазы, которые существенно различаются между собой по характеру их действия на компоненты крахмала: β-амилаза разжижает и декстринирует крахмал, а α-амилаза приводит его к осахариванию [3], [4].

Под действием изофермента β-амилазы, основным продуктом расщепления крахмала является мальтоза (восстанавливающий дисахарид, который называют еще солодовым сахаром) и незначительное количество высокомолекулярных декстринов. При действии α-амилазы на крахмал образуются незначительное количество мальтозы и промежуточный продукт – декстрины меньшего молекулярного веса [2].

При рассмотрении технологического значения изоферменты амилазы действуют на биохимический состав зерна по-разному. β-амилаза катализирует процесс гидролиза полисахаридов с образованием олигосахаридов, при этом способствует накоплению сахаров, необходимых для спиртового брожения в тесте. α-амилаза, превращая крахмал в декстрины, ухудшает при этом качество хлебных изделий. Мякиш с большим количеством декстринов становится липким и влажным даже при нормальной влажности хлеба. β-амилаза содержится в муке всех видов и сортов, а α-амилаза в муке из незрелого или подвергнутого прорастанию зерна [5], [6], [7].

Прорастание зерна связано со сложными физиолого-биохимическими процессами и зависит от многих причин, например от периода покоя или активности амилазных ферментов. Для установления повреждений зерна в результате прорастания разработаны различные критерии и методы оценки активности амилазы зерна пшеницы. В селекции на устойчивость к прорастанию зерна в колосе перспективным является метод электрофореза, который позволяет выявить функционально и физико-химическую неоднородность ферментов амилазного комплекса [6], [8].

В период созревания зерна β -амилаза связывается с помощью дисульфидных связей в белковые агрегаты, при этом она теряет ферментативную активность. В связи с этим β -амилаза может влиять на формирование показателей качества зерна [6], [9].

Используя коллекцию сортов озимой мягкой пшеницы, районированных в европейской части России, В.П. Нецветаев, О.В. Акиншина, Л.С. Бондаренко, И.П. Моторина (2012) оценили частоты встречаемости отдельных вариантов β -амилазы и привели оценку распространённости вариантов данного изофермента [10].

Высокой устойчивостью к прорастанию на корню и в валках, способностью созревать при пониженных температурах характеризуется тетраплоидный вид пшеницы *Triticum carthlicum* Nevski. (= *T. persicum* Vav.) с геномом ВВ А^uА^u [11].

Применение метода электрофореза позволит определить зимотипы β -амилазы зерна карталинской пшеницы сформированного в разные по погодным условиям годы.

Цель исследований: выявление генетически обусловленного полиморфизма β -амилазы зерна тетраплоидного вида карталинской пшеницы.

Методы и принципы исследования

Полевые опыты проведены в зоне северной лесостепи Тюменской области на выщелоченном черноземе в 2007–2009 гг. на базе Агротехнологического института ГАУ Северного Зауралья. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный, средне гумусовый, тяжелосуглинистый, сформировавшийся на покровных суглинках с проявлением незначительной слоистости. Региональной особенностью черноземов, выщелоченных Северного Зауралья является неустойчивый азотный режим. Наличие предшественника первой группы (чистый пар) не обеспечивало устойчивого повышения азотом последующих культур.

Опытный участок характеризовался средней обеспеченностью подвижным фосфором (50-100 мг/кг почвы по Чирикову). Фактическое содержание доступных растениям фосфатов в пахотном слое опытного участка в среднем было равно 82 мг/кг почвы, что обеспечивало на 75-85% планируемую урожайность карталинской пшеницы [12], [13].

Погодные условия в годы изучения были разными: достаточно увлажненным был 2007 г. (ГТК=1,81), среднесуточная температура воздуха в августе составила 14,4°C, что ниже средней многолетней, температура августа превысила средние многолетние значения. Более благоприятными по температурному режиму и ГТК были 2008 и 2009 гг.

Объектом исследований послужили зерновки пяти образцов карталинской пшеницы. Исследования проводили в лаборатории селекции и семеноводства пшеницы ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук» по методике В.П. Нецветаева (2012). Для выявления полиморфизма использовали метод электрофореза β -амилазы в трис-глициновой системе ПААГ (рН 8,3).

В качестве стандартов использовали сорта яровой мягкой пшеницы Новосибирская 15 и Омская 38.

Основные результаты

В исследовании было проведено изучение разнообразия зимотипов β -амилазы, трех образцов карталинской пшеницы разновидности var. *fuliginosum*, одного образца var. *rubiginosum*, одного образца var. *stramineum* и двух образцов мягкой пшеницы var. *lutescens*. Карталинская пшеница (*Triticum carthlicum* Nevski. = *Triticum persicum* Vav.) относится к тетраплоидным видам и является эндемиком для Закавказья [14].

Анализ полученных зимограмм показал, что образцы карталинской пшеницы имели разные зимотипы (таблица 1).

Таблица 1 - Зимотипы β -амилазы образцов карталинской пшеницы, 2007-2009 гг.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.73.1>

№ п/п	Образцы, сорта	Зимотипы β -амилазы		
		2007	2008	2009
1.	К-7881 (var. <i>fuliginosum</i>)	Н	Н	Н
2.	К-7887 (var. <i>fuliginosum</i>)	Н	Н	Н
3.	К-32484 (var. <i>fuliginosum</i>)	С	С	С
4.	К-17555 (var. <i>rubiginosum</i>)	Н+I	Н	Н
5.	К-17581 (var. <i>stramineum</i>)	I+Н	I	Н
6.	Омская 38 (var. <i>lutescens</i>)	С+А	С+А	С+А

7.	Новосибирская 15 (var. <i>lutescens</i>)	C	C	C
----	---	---	---	---

В результате проведенных исследований образцов карталинской пшеницы обнаружено 3 зимотипа β -амилазы *H*, *C*, *I*. Образцы К-7881 и К-7887 в течение трех лет по локусу β -амилазы были идентичными, у них был идентифицирован зимотип *H* (рисунок 1).

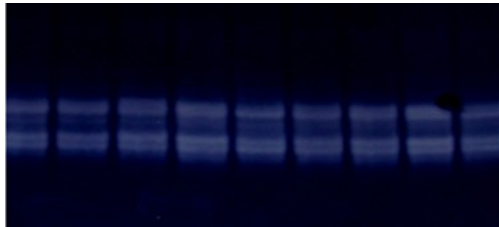


Рисунок 1 - Изозимы β -амилазы зимотипа *H* образца К-7887 карталинской пшеницы
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.73.2>

Зерновки образца К-32484 также были однотипными и имели зимотип *C*. Такой же зимотип имели зерновки сорта мягкой яровой пшеницы Новосибирская 15 (рисунок 2). По данным Ахтариёвой М.К. (2021) зимотип *C*, встречался у 19,5% сортов мягкой пшеницы Тюменской области.

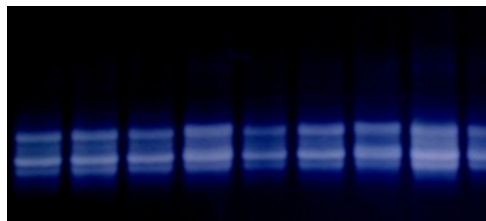


Рисунок 2 - Изозимы β -амилазы зимотипа *C* сорта Новосибирская 15
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.73.3>

Стандартный сорт мягкой пшеницы Омская 38 оказался гетерогенным и имел два зимотипа *C+A*. Среди образцов карталинской пшеницы гетерогенными оказались К-17555, у которого в 2007 году был идентифицирован зимотип *I*. Самую высокую гетерогенность показал образец К-17581. Зерновки урожая 2007 года имели зимотип *I*, урожая 2009 года – зимотип *H*, а в 2007 году – оба зимотипа встречались одновременно.

Заключение

Таким образом, образцы карталинской пшеницы имели отличные от мягкой пшеницы зимотипы β -амилазы. У исследованных образцов преобладал зимотип *H*. Совпадение с мягкой пшеницей Новосибирская 15 обнаружено у образца К-32484 по зимограмме *C*.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Волкова Н.А. Биохимическая характеристика зерна сортов озимой пшеницы и тритикале в условиях Северного Зуралья / Н.А. Волкова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. — 2014. — 4 (28) . — с. 6-9.
2. Нецветаев В. П. Особенности изоферментов альфа-амилазы у различных форм пшеницы / В. П. Нецветаев, Е. Д. Бадаева // Генетика. — 2014. — 50 (7). — с. 825. DOI: 10.7868/S0016675814070145.
3. Akhtariyeva M.K. Beta-amylase Isozymes in Spring Common Wheat and Their Role in the Aggregation of Grain Protein / M.K. Akhtariyeva, Ya.O. Kozelets, Yu.M. Filippova, V.P. Netsvetaev // Cytology and Genetics. — 2019. — Vol. 53, No. 4. — p. 294-299. DOI: 10.3103/S0095452719040029.

4. Ахтариева М. К. Роль наследственности и среды в формировании агрегирующей способности белкового комплекса зерна яровой мягкой пшеницы / М. К. Ахтариева, Л. С. Бондаренко, О. В. Акиншина, В. П. Нецветаев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: естественные науки. — 2013. — 24 (167) . — с. 72-76.
5. Ахтариева М. К. Качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения в Северном Зауралье / М. К. Ахтариева, В. П. Нецветаев, Р. И. Белкина — Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 136 с.
6. Нецветаев В. П. Качество мягкой пшеницы: генетика и селекция / В. П. Нецветаев, Т. А. Рыжкова, М. Ю. Третьяков // Белгород: Отчий край. — 2015. — 1. — с. 160.
7. Белкина Р. И. Качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы в условиях подтаежной зоны Тюменской области / Р. И. Белкина, Ю. А. Летяго, В. В. Выдрин, Т. К. Федорук // Вестник КрасГАУ. — 2021. — 3 (168) . — с. 15-21. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-15-21.
8. Ахтариева М. К. Количество дисульфидных связей, роль наследственности и среды в формировании агрегирующей способности белкового комплекса муки по сортам яровой мягкой пшеницы / М. К. Ахтариева, Л. С. Бондаренко, О. В. Акиншина [и др.] // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи; — Лесниково: Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи, 2014. — с. 70-74.
9. Нецветаев В. П. Полиморфизм по бета-амилазе зерна озимой мягкой пшеницы / В. П. Нецветаев, О. В. Акиншина, Л. С. Бондаренко, И. П. Моторина // Генетика. — 2012. — Т. 48, № 2. — с. 168.
10. Дорофеев В.Ф. Пшеницы Закавказья / В.Ф. Дорофеев // Тр. по прикл. бот., ген. и сел.; — Ленинград, 1972. — с. 3-206.
11. Барабанщикова Л.Н. Органическая химия / Л.Н. Барабанщикова, М.К. Киршина, О.В. Рыбачук [и др.] — Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. — 113 с.
12. Першаков А.Ю. Оптимизация нормы высева семян для сортов льна масличного в условиях Северного Зауралья / А.Ю. Першаков, Р.И. Белкина, А.К. Сулейменова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2022. — 4 (71). — с. 22-26.
13. Першаков А.Ю. Отзывчивость сортов льна масличного на возрастающие нормы минеральных удобрений / А.Ю. Першаков, Р.И. Белкина, А.К. Сулейменова // Вестник КрасГАУ. — 2021. — 6 (171). — с. 11-17. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-6-11-17.
14. Тоболова Г. В. Морфология пыльцы тетраплоидного вида *Triticum carthlicum Nevskii* (= *T. persicum Vav.*) в условиях Тюменской области / Г. В. Тоболова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2021. — 4 (67) . — с. 51-54.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Volkova N.A. Biohimicheseskaja harakteristika zerna sortov ozimoy pshenitsy i tritikale v uslovijah Severnogo Zaural'ja [Biochemical Characteristics of Grain of Winter Wheat and Triticale Varieties in the Conditions of the Northern Trans-Urals] / N.A. Volkova // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. — 2014. — 4 (28) . — p. 6-9. [in Russian]
2. Netsvetaev V. P. Osobennosti izofermentov al'fa-amilazy u razlichnyh form pshenitsy [Features of Alpha-amylase Isoenzymes in Various Forms of Wheat] / V. P. Netsvetaev, E. D. Badaeva // Genetics. — 2014. — 50 (7). — p. 825. DOI: 10.7868/S0016675814070145. [in Russian]
3. Akhtariyeva M.K. Beta-amylase Isozymes in Spring Common Wheat and Their Role in the Aggregation of Grain Protein / M.K. Akhtariyeva, Ya.O. Kozelets, Yu.M. Filippova, V.P. Netsvetaev // Cytology and Genetics. — 2019. — Vol. 53, No. 4. — p. 294-299. DOI: 10.3103/S0095452719040029.
4. Ahtarieva M. K. Rol' nasledstvennosti i sredy v formirovanii agregirujuschej sposobnosti belkovogo kompleksa zerna jarovoj mjagkoj pshenitsy [The Role of Heredity and Environment in the Formation of the Aggregating Ability of the Protein Complex of Spring Soft Wheat Grain] / M. K. Ahtarieva, L. S. Bondarenko, O. V. Akinshina, V. P. Netsvetaev // Scientific Bulletins of Belgorod State University. Series: Natural Sciences. — 2013. — 24 (167) . — p. 72-76. [in Russian]
5. Ahtarieva M. K. Kachestvo zerna sortov jarovoj mjagkoj pshenitsy razlichnogo ekologo-geograficheskogo proishozhdenija v Severnom Zaural'e [Grain Quality of Spring Soft Wheat Varieties of Various Ecological and Geographical Origins in the Northern Trans-Urals] / M. K. Ahtarieva, V. P. Netsvetaev, R. I. Belkina — Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2021. — 136 p. [in Russian]
6. Netsvetaev V. P. Kachestvo mjagkoj pshenitsy: genetika i seleksija [Bread Wheat Quality: Genetics and Selection] / V. P. Netsvetaev, T. A. Ryzhkova, M. Ju. Tret'jakov // Belgorod: Fatherland. — 2015. — 1. — p. 160. [in Russian]
7. Belkina R. I. Kachestvo zerna sortov jarovoj mjagkoj pshenitsy v uslovijah podtaezhnoj zony Tjumenskoj oblasti [Grain Quality of Spring Soft Wheat Variety in the Conditions of the Subtaiga Zone of the Tyumen Region] / R. I. Belkina, Ju. A. Letjago, V. V. Vydrin, T. K. Fedoruk // Bulletin of KSAU. — 2021. — 3 (168) . — p. 15-21. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-3-15-21. [in Russian]
8. Ahtarieva M. K. Kolichestvo disul'fidnyh svjazej, rol' nasledstvennosti i sredy v formirovanii agregirujuschej sposobnosti belkovogo kompleksa muki po sortam jarovoj mjagkoj pshenitsy [The Number of Disulfide Bonds, the Role of Heredity and Environment in the Formation of the Aggregating Ability of the Protein Complex of Flour in Varieties of Spring Soft Wheat] / M. K. Ahtarieva, L. S. Bondarenko, O. V. Akinshina [et al.] // Razvitie nauchnoj, tvorcheskoj i innovacionnoj deyatel'nosti molodezhi [Development of Scientific, Creative and Innovative Activities of Youth]; — Lesnikovo: Development of Scientific, Creative and Innovative Activities of Youth, 2014. — p. 70-74. [in Russian]
9. Netsvetaev V. P. Polimorfizm po beta-amilaze zerna ozimoy mjagkoj pshenitsy [Beta-amylase Polymorphism of Winter Soft Wheat Grain] / V. P. Netsvetaev, O. V. Akinshina, L. S. Bondarenko, I. P. Motorina // Genetics. — 2012. — V. 48, № 2. — p. 168. [in Russian]

10. Dorofeev V.F. Pshenitsy Zakavkaz'ja [Wheat of Transcaucasia] / V.F. Dorofeev // Proceedings on Applied Bot., Gen. and Sel.; — Leningrad, 1972. — p. 3-206. [in Russian]
11. Barabanschikova L.N. Organicheskaja himija [Organic Chemistry] / L.N. Barabanschikova, M.K. Kirshina, O.V. Rybachuk [et al.] — Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2023. — 113 p. [in Russian]
12. Pershakov A.Ju. Optimizatsija normy vyseva semjan dlja sortov l'na maslichnogo v uslovijah Severnogo Zaural'ja [Optimization of Seed Sowing Rates for Oil Flax Varieties in the Conditions of the Northern Trans-Urals] / A.Ju. Pershakov, R.I. Belkina, A.K. Sulejmenova // Bulletin of Michurinsky State Agrarian University. — 2022. — 4 (71). — p. 22-26. [in Russian]
13. Pershakov A.Ju. Otzyvchivost' sortov l'na maslichnogo na vozrastajuschie normy mineral'nyh udobrenij [Responsiveness of Oil Flax Varieties to Increasing Rates of Mineral Fertilizers] / A.Ju. Pershakov, R.I. Belkina, A.K. Sulejmenova // Bulletin of KSAU. — 2021. — 6 (171). — p. 11-17. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-6-11-17. [in Russian]
14. Tobolova G. V. Morfologija pyl'tsy tetraploidnogo vida *Triticum carthlicum* Nevskii (= *T. persicum* Vav.) v uslovijah Tjumenskoj oblasti [Morphology of Pollen of the Tetraploid Species *Triticum carthlicum* Nevskii (= *T. persicum* Vav.) under the Conditions of the Tyumen Region] / G. V. Tobolova // Bulletin of Michurinsky State Agrarian University. — 2021. — 4 (67) . — p. 51-54. [in Russian]