

# BIOMICS/БИОМИКА



ISSN 2221-6197 http://biomicsj.ru

### ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ ЗЕРНА ВИДОВ ПШЕНИЦ С РАЗНЫМИ ГЕНОМАМИ И УРОВНЕМ ПЛОИДНОСТИ

Ермошин А.А., Рукавишников Д.С., Чусовитин А.А., Киселёва И.С.

ФГАОУ ВО Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, Екатеринбург, пр. Мира, 19, E-mail: <u>Alexander.Ermoshin@urfu.ru</u>

#### Резюме

Изучено содержание запасных белков в семенах видов пшениц, различающихся уровнем плоидности и геномным составом. Показано, что содержание белка в зерновках может варьировать в три раза. Усреднение данных по разным видам и группировка их в зависимости от плоидности и геномного состава не выявила значительных различий в суммарном содержании белка, но по фракционному составу группы видов различались. Диплоидные и гексаплоидные виды значительно отличались по содержанию отдельных фракций белков, тогда как тетраплоидные виды имели промежуточное значение. Пшеница спельта, характеризующаяся высоким содержанием и качеством белка, является перспективным видом для возделывания, однако интерес представляют также виды с геномным составом  $A^bG$ . Дискриминантный анализ данных показал, что виды с геномом  $A^bG$  (T. timopheevii, T. militinae) отличались по характеристикам белка зерновок от других групп видов.

Ключевые слова: пшеница, запасные белки, плоидность, геном, дискриминантный анализ

**Цитирование:** Ермошин А.А., Рукавишников Д.С., Чусовитин А.А., Киселёва И.С. Фракционный состав белков зерна видов пшениц с разными геномами и уровнем плоидности // Biomics. 2022. Т.14(3). С. 243-247. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2022-20

© Авторы

# FRACTIONAL COMPOSITION OF GRAIN PROTEINS IN WHEAT SPECIES WITH DIFFERENT GENOMES AND PLOIDY

Ermoshin A.A., Rukavishnikov D.S., Chusovitin A.A., Kiseleva I.S.

Ural Federal University named after B.N. Yeltsin 19 Mira Ave., Ekaterinburg, 620002, Russia, E-mail: <u>Alexander.Ermoshin@urfu.ru</u>

#### Resume

The content of storage proteins in the seeds of wheat species with different levels of ploidy and genomic composition was studied. It was shown that in caryopses the protein content varied by three times. Averaging the data for different species and grouping them depending on the ploidy and genomic composition did not reveal significant differences in the total protein content, but the groups of species differed in fractional composition. Diploid and hexaploid species significantly differed in the content of individual protein fractions, while tetraploid species had an intermediate values. Spelt wheat, characterized by a high content and quality of protein, is a promising species for cultivation, however, species with the A<sup>b</sup>G genomic composition are also of interest. Discriminant analysis of the data showed that the species with the A<sup>b</sup>G genome (*T. timopheevii*, *T. militinae*) differed from other groups of species in the characteristics of the caryopsis protein.

Key words: wheat, storage proteins, ploidy, genome, discriminant analysis

**Citation:** Ermoshin A.A., Rukavishnikov D.S., Chusovitin A.A., Kiseleva I.S. Fractional composition of grain proteins in wheat species with different genomes and ploidy. *Biomics*. 2022. T.14(3). C. 243-247. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2022-20 (In Russian)

#### © Authors

#### Введение

Пшеница является основной зерновой культурой, возделываемой в мире. Ее ценность обусловлена содержанием крахмала и зерновках. Белки пшениц представлены несколькими группами – растворимыми в воде и в солевых растворах альбуминами и глобулинами и белками Клейковина клейковины. обуславливает хлебопекарные свойства пшеничной муки и состоит из спирто- и щелочерастворимых белков проламинов и глютелинов, на которые приходиться более половины массы белков пшеницы [Абугалиева и др. (Abugalieva et al.), 2018; Воротынцева (Vototyntseva), 2021].

Пшеница (род Triticum) представлен более, чем 20 видами, отличающимися друг от друга плоидностью и геномным составом. Основными культивируемыми видами являются твердая и мягкая пшеница (Т. durun, Т. aestivum). Ранее широко культивировалась полба или пшеница двузернянка (Т. dicoccum). Больший интерес в настоящее время вызывает изучение и культивирование спельты (Т. spelta). Основными направлениями в селекции пшеницы были увеличение содержания увеличение доли клейковины в белке, увеличение массы семени и колоса, уменьшение высоты растения и увеличение площади флагового листа, устойчивости к фитопатогенам. В настоящее время уделяется внимание диким сородичам пшениц

потенциальным донорам генов сельскохозяйственных признаков [Храмцова и др., 2003 (Khramtsova et al., 2003); Гончаров и др., (Goncharov et al., 2008); Абугалиева и др., (Abugalieva et al, 2018); Воротынцева, (Vototyntseva, 2021)].

Современные культивируемые виды являются амфиплоидами и содержат в себе геномы AB (2n=28)и ABD (2n=42), полученные от различных предков [Khramtsova et al., 2003; Гончаров и др. (Goncharov et al.), 2008].

Ранее нами было проведено изучение вклада плоидности и геномного состава пшениц на организацию фотосинтетического аппарата и интенсивность фотосинтеза растений [Khramtsova et al., 2003].

Цель нашей работы — изучить вклад плоидности и геномного состава культивируемых пшениц и их сородичей в суммарное и фракционное содержание белка в зерновках.

#### Материалы и методы

В работе использовали семенной материал, полученный из коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР), г. Санкт-Петербург. Растений культивировали мелкоделяночным способом на биостанции Уральского федерального университета (Свердловская обл., г. Двуреченск) на серых лесных почвах. Всего в работе изучен 37 генотип, относящийся к 9 видам пшениц (таблица 1).

Таблица 1. Характеристика образнов пшенин / Table 1 - Characteristics of wheat samples

	Ларактеристика	а образцов пшениц	/ Table 1 - Characte	ristics of wheat samples	
Плоидность: Ploidy:	2n = 14	2n = 28		2n = 42	
Геном: Genome:	A <sup>b</sup>	A <sup>b</sup> G	A <sup>u</sup> B	A <sup>u</sup> BD	A <sup>b</sup> GD
Число генотипов, шт. Number of genotypes, pcs.	7	4	9	16	1
Виды: Species:	Т. топососсит	T. timopheevii T. militinae	T. dicoccum	T. aestivum T. compactum T. spelta T. sphaeracoccum	T. kiharae

Фракции белков были выделены последовательной исчерпывающей экстракцией в дистиллированную воду, 2% р-р хлорида натрия, 70% этанол и 5% гидроксид натрия. Количество белка было определено спектрофотометрически по методу Бредфорд [Bradford, 1976].

Был произведен линейный дискриминантный анализ полученных данных. В качестве предикторов были взяты массовые доли фракций белка. В качестве дискриминируемых классов – данные о плоидности или геноме. Анализ был произведен с использованием языка программирования Python 3 [Van Rossum, Drake,

2007] и его библиотек (scikit-learn [Pedregosa et al., 2011] — модель дискриминантного анализа; Matplotlib [Hunter, 2007] — визуализация результатов). На графиках показаны доверительные области ( $2\sigma$ ) по осям.

Для видов, представленных одним генотипом, в таблицах приведены средние значения содержания белка из 3-х повторностей. Для видов, представленных несколькими генотипами, расчет среднего значения и ошибки среднего проводили по всей совокупности данных каждого вида.

#### Результаты и обсуждение

Суммарное содержание белка в исследуемых образцах может варьировать почти в три раза и составлять от 7.3% (у T. sphaerococcum) до 20.5% (у T.

militinae). При этом основной фракцией является глютелин – от 3,3% (у *T. aestivum*) до 12,9% (у *T.* militinae). Содержание клейковины составляет 69-79% от всех белков зерновки (у Т. militinae и Т. speltacoответственно). Таким образом, лидером как по содержанию, так и по качеству белка является что объясняет проявляемый спельта, К исследователями интерес. Мягкая пшеница характеризовалась низким содержанием и качеством белка. Это может быть связано с тем, что в данном изучен только исследовании один Красноуфимская - 90. Результаты представлены в таблице 2.Представленные данные использовали для дискриминантного анализа.

Таблица 2. Содержание белка в исследованных видах пшеницы Table 2 - Protein content in the studied wheat species

Вид / Species	Содержание белка, % / Protein content, %					
	Альбумин	Глобулин	Глютелин	Проламин	Сумма	
	Albumin	Globulin	Glutelin	Prolamin	Summ	
T. aestivum	1,02	1,03	3,26	2,69	7,99	
T. compactum	1,26±0,16	1,00±0,16	4,73±0,89	1,34±0,08	8,55±1,14	
T. dicoccum	2,52±0,22	1,83±0,23	8,53±1,00	1,81±0,17	14,64±1,43	
T. militinae	3,22	2,56	12,88	1,95	20,48	
T. monococcum	2,36±0,05	1,64±0,12	7,26±0,97	1,98±0,20	13,38±1,18	
T. spelta	2,00±0,21	1,42±0,35	10,57±0,79	1,48±0,23	15,26±1,41	
T. sphaerococcum	1,13	0,68	4,41	0,93	7,31	
T. timopheevii	2,44±0,21	2,46±0,13	8,02±1,13	2,48±0,13	15,07±1,45	
T. kiharae	1,88	1,73	5,40	0,97	9,90	

При группировке данных по геномам и по плоидности четких тенденций изменения суммарного содержания белка не выявлено. Наименьшее

содержание белка (11,8%) обнаружено в группе пшениц  $A^uBD$ . Максимальное содержание белка –в группе с геномным составом  $A^bG-15,1\%$  (Рисунок 1).

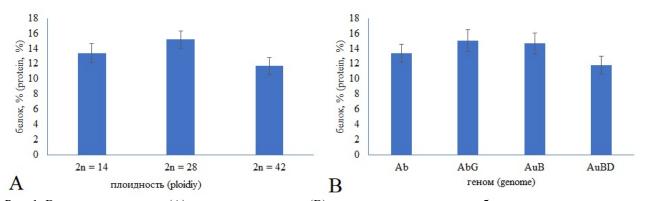


Рис. 1. Влияние плоидности (A) и геномного состава (B) на суммарное содержание белка в зерновках пшеницы Fig. 1. Effect of ploidy (A) and genomic composition (B) on the total protein content in wheat grains

Дискриминантный анализ показал, что фракционный состав белков надежно разделяет варианты с крайними значениями плоидности, в то время как образцы с 2n=28 занимают промежуточное положение (рис. 2 A). Если группировать варианты, исходя из их геномного состава, то геном  $A^b$  отделяется от генома  $A^u$ BD, а их объединяет геном $A^u$ B (рис. 2 B). Очевидным объяснением является то, в основном данные геномы содержат

образцы, отличающиеся плоидностью (табл. 1). Однако следует отметить, что имеется четкое обособление образцов с геномом  $A^bG$ . Для видов с данным геномом характерно максимальное содержание белка, что позволяет нам предположить, что растения с геномом G могут быть перспективны как доноры генов, отвечающих за увеличение содержания белка.

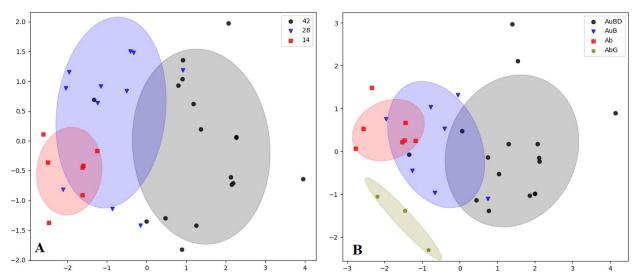


Рис. 2 Дискриминантный анализ видов пшениц по признаку «группы запасных белков», выполненных для образцов, отличающихся плоидностью (A) и геномным составом (B)

Fig. 2 Discriminant analysis of wheat species based on the "storage protein group" fulfilled for samples differing in ploidy (A) and genomic composition (B)

В целом, данные дискриминантного анализа совпадают с данными, полученными при сравнении параметров мезофилла листа пшениц, У отличающихся плоидностью. В исследованиях Е. Храмцовой с соавторами также было показано четкое расхождение диплоидных и гексоплоидных пшениц и промежуточное положение тетраплоидных [Khramtsova et al., 2003; 2004]. Данные, по суммарному содержанию белка находятся в пределах, отмеченных в литературе ранее [Мамадюсуфова и др. (Mamadyusufova et al.), 2013; Митрофанова и др. (Mitrofanova et al.), 2021], однако в литературе недостаточно данных по сравнению содержания белка разных фракций в пшеницах различных видов.

#### Заключение

Показано, что содержание белка, в пшеницах разных видов может варьировать практически в три раза. При этом, при усреднении данных по разным видам и их группам в зависимости от плоидности и геномного состава различия становятся менее заметными. При этом диплоидные и гексаплоидные виды значительно отличаются друг от друга, тогда как тетраплоиды

занимают промежуточное положение. Пшеница спельта является перспективным видом для возделывания, отличающимся высоким содержанием и качеством белка, однако интерес представляют также виды с геномным составом  $A^bG$  (T. timopheevii, T. militinae), которые значительно отличаются фракционным составом белков от видов с другими геномами.

## Литература

- 1. Абугалиева А.И., Савин Т.В. Биохимический состав и технологическая оценка зерна интрогрессивных форм озимой мягкой пшеницы с участием различных видов *Triticum* и *Aegilops* // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 3. С. 353–362. DOI: 10.18699/VJ18.371
- 2. Воротынцева М.В. Степень влияния глютенинов на качество зерна как одного из сложных полигенных признаков у рода *Triticim* // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 168–181.
- 3. Гончаров Н.П., Кондратенко Е.Я. Происхождение, доместификация и эволюция

- пшениц. // Вестник ВОГиС. 2008. Т. 1/2. № 12. С. 159–178.
- 4. Митрофанова О.П., Хакимова А.Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 4. С. 545—554. DOI: 10.18699/VJ16.177
- 5. Мамадюсуфова М.Г., Сабоиев И.А., Рахимов М.М., Насырова Ф.Ю., Алиев К.А. Содержание крахмала и белка пшеницы и её диких сородичей, произрастающих в разных условиях // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2003. Т. 56. №10. С.832–837.
- 6. Bradford M.M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding // Anal. Biochem. 1976. Vol. 72. P. 248-254. doi: 10.1006/abio.1976.9999
- 7. Hunter J. D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment // Computing in Science& Engineering. 2007. V 9(3), P. 90-95. DOI:0.1109/MCSE.2007.55
- 8. Khramtsova E.V., Kiseleva I.S., Lyubomudrova E.A. etal. Optimization of the Leaf Mesophyll Structure in Alloploid and Diploid Wheat Species. // Russian Journal of Plant Physiology. 2003. V.50. p. 19–27.
- 9. Khramtsova E.V., Kiseleva I.S. Genome-Dependent Factors in the Development of Leaf Phototrophic Tissues in Diploid and Alloploid Wheat Species // Russian Journal of Plant Physiology. 2004. V. 51. P. 249–256. DOI: 10.1023/B:RUPP.0000019222.76063.e1
- 10. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Blondel M., Prettenhofer P., Weiss R., Dubourg V., Vanderplas J. Scikit-learn: Machine Learning in Python. // JMLR. 2011. V. 12, P. 2825-2830
- 11. Van Rossum G., Drake F.L. Python 3 Reference Manual // CreateSpace. 2009. DOI: book/10.5555/1593511

#### References

1. Abugaliyeva A.I., Savin T.V. Biokhimicheskiy sostav i tekhnologicheskaya otsenka zerna introgressivnykh form ozimoy myagkoy pshenitsy s uchastiyem razlichnykh vidov Triticum i Aegilops. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii.* 2018. T. 22. № 3. S. 353-362. DOI 10.18699/VJ18.371 [Biochemical composition and technological evaluation of grains of introgressive forms of winter soft wheat with the participation of various species of *Triticum* and *Aegilops*] (in Russian)

- 2. Bradford, M.M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Anal. Biochem.* 1976. Vol. 72. P. 248-254. doi: 10.1006/abio.1976.9999
- 3. Goncharov N.P., Kondratenko Ye.YA. Proiskhozhdeniye, domestifikatsiya i evolyutsiya pshenits. *Vestnik VOGiS*. 2008. T. 1/2. № 12. S. 159 178. [Origin, domestication and evolution of wheat] (in Russian)
- 4. Hunter J. D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment. *Computing in Science & Engineering*. 2007. V 9(3), P. 90–95. DOI: 0.1109/MCSE.2007.55
- 5. Khramtsova E.V., Kiseleva I.S., Lyubomudrova E.A. et al. Optimization of the Leaf Mesophyll Structure in Alloploid and Diploid Wheat Species. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2003. V.50. p. 19–27.
- 6. Khramtsova E.V., Kiseleva I.S. Genome-Dependent Factors in the Development of Leaf Phototrophic Tissues in Diploid and Alloploid Wheat Species. *Russian Journal of Plant Physiology.* 2004. V. 51. P. 249–256. DOI: 10.1023/B:RUPP.0000019222.76063.e1
- 7. Mitrofanova O.P., Khakimova A.G. Novyye geneticheskiye resursy v selektsii pshenitsy na uvelicheniye soderzhaniya belka v zerne. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*. 2016. T. 20. № 4. S. 545-554. DOI 10.18699/VJ16.177. [New genetic resources in wheat breeding to increase the protein content in grain] (in Russian)
- 8. Mamadyusufova M.G., Saboiyev I.A., Rakhimov M.M., Nasyrova F.Yu., Aliyev K.A. Soderzhaniye krakhmala i belka pshenitsy i eo dikikh sorodichey, proizrastayushchikh v raznykh usloviyakh. *Doklady Akademii nauk Respubliki Tadzhikistan*. 2003. T. 56. №10. C. 832–837. [Starch and protein content of wheat and its wild relatives growing in different conditions] (in Russian)
- 9. Pedregosa F., Varoquaux G., Gramfort A., Michel V., Thirion B., Grisel O., Blondel M., Prettenhofer P., Weiss R., Dubourg V., Vanderplas J. Scikit-learn: Machine Learning in Python. *JMLR*. 2011. V. 12, P. 2825-2830.
- 10. Van Rossum G., Drake F.L. Python 3 Reference Manual. CreateSpace. 2009. DOI: book/10.5555/1593511

  11. Vorotyntseva M.V. Stepen' vliyaniya glyuteninov na kachestvo zerna kak odnogo iz slozhnykh poligennykh priznakov u roda Triticim. Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii. 2021. T. 182. № 1. S. 168 181. [The degree of influence of glutenins on grain quality as one of the complex polygenic traits in the genus *Triticim*] (in Russian)