

Научная статья

УДК 633.11

EDN RANFUQ

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0480-0-201-207>

Полиплоидия у пшеницы: история вопроса и новые возможности

Людмила Владимировна Цаценко¹, доктор биологических наук, профессор
Наталья Андреевна Цаценко², доктор философии

¹ Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина
Краснодарский край, Краснодар, Россия

² Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко
Краснодарский край, Краснодар, Россия

¹ lvt-lemna@yandex.ru, ² natalia27tsatsenko@yandex.ru

Аннотация. Пшеница является одной из древних и важнейших сельскохозяйственных культур мира, отличающаяся разной степенью ploidy. В настоящем исследовании рассматривался тетраплоидный геном пшеницы AABB, в который были включены геномы ржи, ячменя и ее дикорастущих видов эгилопсов. Особенность этой конструкции состоит в том, что, несмотря на различия между геномами, в итоге образуется устойчивая генетическая структура со стабильным мейозом. Полиплоидия считается эффективным способом объединения разных геномов для достижения определенных целей.

Ключевые слова: полиплоидия, аллогексаплоид, тритикале, тритордеум, геномно-замещенные формы пшеницы

Для цитирования: Цаценко Л. В., Цаценко Н. А. Полиплоидия у пшеницы: история вопроса и новые возможности // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 16–17 апреля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 201–207.

Original article

Polyploidy in wheat: history of the issue and new opportunities

Lyudmila V. Tsatsenko¹, Doctor of Biological Sciences, Professor
Natalia A. Tsatsenko², Doctor of Philosophy

¹ Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar krai, Krasnodar, Russia

² National Center of Grain named after P. P. Lukyanenko
Krasnodar krai, Krasnodar, Russia

¹ lvt-lemna@yandex.ru, ² natalia27tsatsenko@yandex.ru

Abstract. Wheat is one of the world's oldest and most important agricultural crops, characterized by varying degrees of ploidy. In this study, we examined the tetraploid wheat genome AABB, which includes genomes from rye, barley, and its wild relatives, the *Aegilops* species. The unique feature of this structure lies in the fact that despite differences between the genomes, a stable genetic structure with consistent meiosis ultimately forms. Polyploidy is considered an effective method for combining different genomes to achieve specific goals.

Keywords: polyploidy, allohexaploid, triticales, tritordeum, genome-replaced forms of wheat

For citation: Tsatsenko L. V., Tsatsenko N. A. Polyploidy in wheat: history of the issue and new opportunities. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 201–207), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

Термин «полиплоидия» происходит от греческих слов: приставка «poly», обозначающая множественность или превышение двойки, которая соединяется с корнем «ploideus», связанным с числом хромосом и происходящим от греческого слова «idios», означающего уникальный или отдельный. Понятие «Id» было введено Августом Вайсманном в немецкую литературу в 1893 г. для описания наследуемых свойств зародышевой плазмы. В 1905 г. Эдуард Страсбургер предложил термины «гаплоид» и «диплоид», что стало значимым событием в развитии цитогенетики.

Начало XX в. характеризуется важными открытиями в изучении полиплоидных организмов. Один из первопроходцев в этой сфере – Хьюго де Фриз, установивший, что *Oenothera gigas* является тетраплоидом, произошедшим от диплоидной формы *Oenothera lamarckiana*. Последующие исследования были направлены на изучение возможного удвоения хромосом у кукурузы [1, 2].

Значительным достижением стало успешное создание синтетического тетраплоида картофеля (*Solanum nigrum*) Оскаром Винклером в 1916 г., что стало первым случаем лабораторного синтеза полиплоидного организма. Одновременно проводились исследования других растительных видов, включая *Chrysanthemum*, *Drosera* и *Dahlia* [3], где также наблюдались множественные

наборы хромосом.

Ряд открытий позволил предложить новое исследовательское направление, которое объясняет процесс видообразования через гибридизацию, сопровождающуюся полиплоидизацией. Примеры межвидовой гибридизации наблюдались среди различных таксономически значимых родов, таких как *Triticum* и *Nicotiana*. Систематическое исследование полиплоидных форм растений проводилось учеными: Арне Мунтцинг в 1936 г. и Сирил Дартингтон в 1937 г. Эти первые исследования стали основой для последующего прогресса в области генетики и цитологии, существенно увеличив наши представления о природе и процессах полиплоидии.

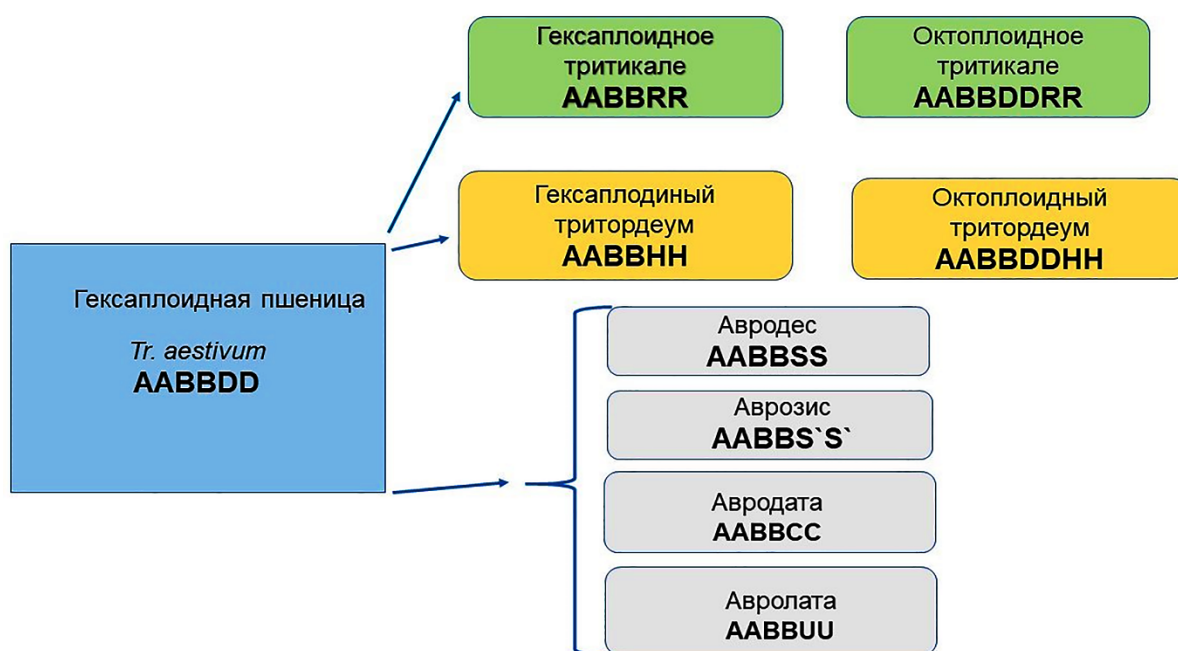
В то же время Дастин и его коллеги (1937) обнаружили способность колхицина вызывать удвоение количества хромосом у растений. Практическая применимость этого метода для стимуляции полиплоидии была продемонстрирована Блейкли и Эйвери (1937), которые подтвердили его высокую результативность [2].

Кроме того, было выяснено, что многие значимые сельскохозяйственные культуры, включая пшеницу (*Triticum aestivum*), овес (*Avena sativa*), хлопок (*Gossypium hirsutum*), табак (*Nicotiana tabacum*), картофель (*Solanum spp.*), бананы (*Musa acuminata*), кофе (*Coffea arabica*) и сахарный тростник (*Saccharum officinarum*), являются полиплоидами, появившимися либо в результате направленного скрещивания и отбора (например, некоторые сорта черники), либо вследствие древних случаев полиплоидизации, как в случае с кукурузой.

С публикацией основополагающего труда Стеббинса «Разнообразие и эволюция у растений» (1950) интерес к исследованию полиплоидии заметно усилился. Сегодня считается, что большинство главных групп растений являются полиплоидными, за исключением голосеменных, где это явление встречается довольно редко. Эволюционное развитие множества растительных линий указывает на многократные случаи дублирования генома. В этой связи

идентификация видового статуса полиплоидных организмов осложняется сложными взаимоотношениями между ними и их диплоидными предшественниками. Многолетние растения с продолжительными жизненными циклами и разнообразием способов вегетативного размножения (например, *Fragaria*, *Rubus*, *Artemisia*, *Potamogeton* и др.), а также виды, часто подвергающиеся природной межвидовой гибридизации, особенно подвержены положительным эффектам полиплоидии [4].

В данной работе предпринята попытка изучить явление полиплоидии на примере трибы Пшеницевых (*Triticeae*). Генетический материал пшеницы обладает уникальной способностью служить основой для формирования новых гибридных сочетаний, что иллюстрирует рисунок 1.



**Рисунок 1 – Различные гибридные комбинации
с участием генома пшеницы**

Тритикале – это первая успешная гибридная зерновая культура, полученная методом интрогрессивной гибридизации пшеницы (*Triticum spp.*) и ржи (*Secale cereale*). Она была создана в 1875 г. и с тех пор является предметом интенсивных научных исследований, проводимых агрономами и специалистами по селекции растений.

Менее известная разновидность зерновых культур – тритордеум (*Tritordeum*), который был получен в результате гибридизации твердой пшеницы (*Triticum durum*) и дикого ячменя (*Hordeum chilense* Roem). Исследования по созданию *Tritordeum* начались в конце 1970-х гг. учеными Института устойчивого сельского хозяйства и Высшего совета по научным исследованиям в Кордове.

Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко (ранее известный как Краснодарский НИИ сельского хозяйства), расположенный в Краснодаре, разработал инновационный метод под руководством Е. Г. Жирова. Этот метод позволил создать уникальные геномно-замещенные линии пшеницы, у которых третий геном мягкой пшеницы (D) был заменен геномами видов эгилопса и ржи: *Tr. speltoides*, *Tr. sharonensis*, *Tr. umbellulata*, *Tr. uniaristata* и *S. cereale* соответственно.

Эти формы использовались для переноса экономически значимых генов в мягкую пшеницу, а также для разработки вторичных синтетических линий. Основой для создания рекомбинантных синтетиков служит линия Авродес, способная инициировать гомеологичную конъюгацию хромосом благодаря присутствию генома *Tr. speltoides*.

Дальнейшие исследования продолжил Р. О. Давоян, сосредоточившись на усовершенствовании генома пшеницы с помощью внедрения чужеродного генетического материала [4].

Форма Авродес характеризуется высокой устойчивостью к различным патогенам, включая листовую ржавчину (*Puccinia triticina* Eriks.), желтую ржавчину (*Puccinia striiformis* West.) и мучнистую росу (*Blumeria graminis* f. *sp. tritici*). Кроме того, она выделяется повышенным содержанием белка. Предполагается, что общий геном ВА мягкой пшеницы может выступать основой для потенциальной рекомбинации между хромосомами разных геномов диких видов. Данные линии представляют интерес для создания новых транслокаций и

иногда позволяют одновременно переносить генетический материал от двух диких видов [5].

Таким образом, явление полиплоидии у пшеницы выражается в способности перестраивать ее геном, добавляя или заменяя целые геномы и создавая новые формы с разнообразными полезными сельскохозяйственными характеристиками.

Список источников

1. Хатефов Э. Б., Щербак В. С. Автополиплоидия – как эффективный механизм в селекции сельскохозяйственных растений // Международные научные исследования. 2016. № 3 (28). С. 281–284.
2. Родионов А. В., Шнеер В. С. Особенности видообразования у цветковых растений с точки зрения эволюционной геномики // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2024. № 23–1. С. 235–240.
3. Heslop-Harrison J. S., Schwarzacher T., Liu Q. Polyploidy: its consequences and enabling role in plant diversification and evolution // *Annals of Botany*. 2023. Vol. 131. No. 1. P. 1–10.
4. Давоян Р. О. Использование синтетической формы Авродес для передачи устойчивости к листовой ржавчине от *Aegilops speltoides* мягкой пшенице // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 6. С. 663–670.
5. Цаценко Л. В. Цитогенетика : учебное пособие. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2020. 81 с.

References

1. Khatefov E. B., Shcherbak V. S. Autopolyploidy as an effective mechanism in the breeding of agricultural plants. *Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya*, 2016;3(28):281–284 (in Russ.).
2. Rodionov A. V., Shneer V. S. Speciation features in flowering plants from the point of view of evolutionary genomics. *Problemy botaniki Yuzhnoi Sibiri i Mongolii*, 2024;23–1:235–240 (in Russ.).

3. Heslop-Harrison J. S., Schwarzacher T., Liu Q. Polyploidy: its consequences and enabling role in plant diversification and evolution, *Annals of Botany*, 2023; 131;1:1–10.

4. Davoyan R. O. Using the synthetic form of Avrodes to transfer resistance to leaf rust from *Aegilops speltoides* to soft wheat. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2017;21;6:663–670 (in Russ.).

5. Tsatsenko L. V. *Cytogenetics: a textbook*, Krasnodar, Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2020, 81 p. (in Russ.).

© Цаценко Л. В., Цаценко Н. А., 2025

Статья поступила в редакцию 04.04.2025; одобрена после рецензирования 14.05.2025; принята к публикации 09.07.2025.

The article was submitted 04.04.2025; approved after reviewing 14.05.2025; accepted for publication 09.07.2025.