

---

## CROP PRODUCTION

---

DOI: <https://doi.org/10.23649/jae.2022.28.8.004>

Smirnova E.V.<sup>1\*</sup>, Repko N.V.<sup>2</sup>, Serdyukov D.N.<sup>3</sup>, Chaliapin V.V.<sup>4</sup>, Nazarenko L.V.<sup>5</sup>, Sukhinina K.V.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Agrostandart LLC, Krasnodar, Russia;

<sup>2, 3, 4, 5, 6</sup> Kuban State University, Krasnodar, Russia

\* Corresponding author (pachkunova\_elizaveta[at]mail.ru)

Received: 01.11.2022; Accepted: 17.11.2022; Published: 19.12.2022

### THE CREATION OF WINTER BARLEY SOURCE MATERIAL BY THE METHOD OF INTRASPECIFIC INTERVARIETAL HYBRIDIZATION

Research article

#### Abstract

In order to maintain a competitive grain market and ensure the country's food security, it is necessary to constantly replenish and renew the varietal material of grain and fodder food crops.

This task falls on breeding institutions. Conducting continuous selection is one of the key factors in the timely provision of agricultural producers with high-quality seed material.

In the classical selection of self-pollinating crops, which include winter barley, the hybridization method is used to create a source material that meets the production requirements, followed by individual selection of offspring in the second generation of hybrids. This makes it possible to conduct targeted selection based on economically valuable traits.

The article presents data on the effectiveness of hybridization of varieties and lines of winter barley in the experimental field of the Kuban Agricultural Complex in 2022.

**Keywords:** winter barley, hybridization, variety, plant breeding, source material, combinational ability, seed production, food security.

Смирнова Е.В.<sup>1\*</sup>, Репко Н.В.<sup>2</sup>, Сердюков Д.Н.<sup>3</sup>, Шалыпин В.В.<sup>4</sup>, Назаренко Л.В.<sup>5</sup>, Сухинина К.В.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ООО Агростандарт, Краснодар, Россия;

<sup>2, 3, 4, 5, 6</sup> Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия;

\* Корреспондирующий автор (pachkunova\_elizaveta[at]mail.ru)

Получена: 01.11.2022; Доработана: 17.11.2022; Опубликована: 19.12.2022

### СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ МЕТОДОМ ВНУТРИВИДОВОЙ МЕЖСОРТОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ

Научная статья

#### Аннотация

Для поддержания конкурентоспособного рынка зерна и обеспечения продовольственной безопасности страны необходимо постоянное пополнение и обновление сортового материала зерновых продовольственных и кормовых культур.

Эта задача ложится на селекционные учреждения. Ведение непрерывной селекции – один из решающих факторов своевременного обеспечения сельхозтоваропроизводителей качественным посевным материалом.

В классической селекции самоопыляющихся культур, к которым относится озимый ячмень, для создания исходного материала, отвечающего требованиям производства, используется метод гибридизации с последующим индивидуальным отбором потомств во втором поколении гибридов. Это позволяет вести направленную селекцию по хозяйственно-ценным признакам.

В статье представлены данные по эффективности гибридизации сортов и линий озимого ячменя на опытном поле УОХ «Кубань» в условиях 2022 года.

**Ключевые слова:** озимый ячмень, гибридизация, сорт, селекция растений, исходный материал, комбинационная способность, семеноводство, продовольственная безопасность.

## **1. Введение**

Озимый ячмень – ценная сельскохозяйственная культура, которая возделывается повсеместно. Основное направление производства ячменя – зернофуражное. Но, кроме того, он широко используется в пивоваренной, фармакологической промышленности и как продовольственная культура при изготовлении серых хлебов, круп, диетического питания.

В государственном реестре селекционных достижений Российской Федерации зарегистрировано 50 сортов озимого ячменя, в то время как сортов озимой мягкой пшеницы насчитывается более 350.

Потребность производства в семенном материале озимого ячменя остается высокой. Так по данным весеннего учета Росстат в 2022 году под озимым ячменем было занято 682 тыс. га [1].

Непрерывность и направленность селекционного процесса – решающий фактор в создании новых перспективных сортов для обеспечения продовольственной безопасности государства.

П. П. Лукьяненко определял гибридизацию основным приемом создания исходного материала в селекции самоопыляющихся культур. Возможности рекомбиногенеза при внутривидовой межсортовой гибридизации безграничны [2], [3].

Гибридизация в селекции колосовых культур является основным способом создания исходного материала. Это неотъемлемая часть селекционного процесса, позволяющая создавать неограниченное количество популяций для последующего индивидуального отбора.

Актуальность этого приема не утрачена и сегодня. Гибридные популяции, полученные в результате внутривидовой или отдаленной гибридизации, являются одним из основных источников исходного материала в селекции самоопыляющихся культур [10].

## **2. Цели и задачи**

Коллективом селекционной группы Центра искусственного климата Кубанского ГАУ ежегодно реализуется программа гибридизации озимого ячменя, включающая не менее 20 комбинаций скрещивания. В работе применяются как простые, так и реципрочные, и сложные ступенчатые скрещивания, основанные на принципах географической отдаленности и морфо-биологической контрастности, описанных Н. И. Вавиловым и В. М. Шевцовым [4], [5], [6].

Основным направлением селекционной работы Центра является повышение урожайности и адаптивных качеств озимого ячменя, включающих зимостойкость, устойчивость к полеганию и комплексную устойчивость к распространенным листостебельным заболеваниям. Исходя из поставленных целей разрабатывается программа скрещиваний сортов и перспективных линий озимого ячменя.

## **3. Объекты и методы**

В условиях 2022 года гибридизацию проводили по общепринятой методике [7], [8]. Кастрированные колосья помещались в индивидуальные изоляторы. Через 2-3 дня после кастрации растения опыляли «Твел»-методом. В скрещиваниях использовали сорта и линии Российской и зарубежной селекции.

Прежде чем приступить к непосредственно гибридизации, необходимо составить ее план. Как правило, это делают еще до посева опытных и коллекционных делянок.

План гибридизации включает в себя сведения о том, какие скрещивания предстоит осуществить, способ их выполнения, а также объем комбинаций. В случае селекции на устойчивость к возбудителям болезней чаще всего применяют насыщающие скрещивания, при этом необходимо указывать номер бекросса.

Ученые-селекционеры при составлении плана гибридизации опираются на две основополагающие концепции:

1) концепция сорта – подразумевает использование большого количества сортов во всех возможных комбинациях. Хозяйственные характеристики сортов при этом неизвестны, и селекционер делает ставку на обширный рекомбиногенез и положительные трансгрессии. Здесь ключевым моментом является значительный объем вариантов скрещиваний;

2) концепция признака – применяется в случае, когда исходный материал хорошо изучен. Селекционер знает, какой признак является доминантным и составляет программу таким образом, чтобы объединить в потомстве максимальное количество положительных трансгрессий [3], [6], [9].

Однако при объединении хозяйственно ценных признаков всегда нужно помнить об отрицательной корреляции. Например, высокая морозостойкость озимого ячменя отрицательно коррелирует с высокой урожайностью, а высокая урожайность, в свою очередь, неохотно совмещается с повышенными показателями качества зерна.

При подборе пар для скрещивания учитывают конечную цель, то есть сорт, который планируется получить в результате. Кроме того, значительное внимание уделяют изучению родительских форм, их признаков и свойств. Как правило, родительские формы определяют исходя из принципа взаимодополнения. При этом, формы с негативными качествами и признаками включать не рекомендуется.

Согласно методике, в качестве материнской формы обычно берут сорт местного происхождения, хорошо приспособленный к условиям произрастания и несущий в своем геномном наборе искомые селекционером хозяйственно-ценные признаки. А в качестве отцовской формы рекомендуется использовать образец, приспособленный к иным почвенно-климатическим условиям и отдаленный по генетическому составу. Это принцип подбора пар по эколого-географической отдаленности, он получил широкое распространение благодаря трудам Н. И. Вавилова.

Объем скрещиваний определяется исходя из задачи получить не менее пяти растений с искомыми признаками во втором поколении гибридов. При этом генотипы родительских форм зачастую не известны, и селекционер при подборе пар руководствуется визуальной оценкой. Поэтому необходимо сделать максимально возможное количество популяций. Однако на практике объем скрещиваний также часто определяется техническими возможностями, уровнем подготовки специалистов и человеческими ресурсами конкретной организации.

#### 4. Результаты и их обсуждение

В результате проведения 31 комбинации скрещивания было получено 3 192 гибридных зерен. Наиболее результативными (средний процент завязываемости выше 50 %) оказались 10 комбинаций. В комбинациях Каррера х (Хайди х Кариока), SZD-7385 х 32/22, Тома х (Циндарелла х Платон), Сельхоз х (Циндарелла х Платон) были проведены прямые и реципрокные скрещивания (таблица 1).

Единственная комбинация, в которой результативность реципрокного скрещивания была выше прямого – это Каррера х (Хайди х Кариока). В данном случае при использовании сорта Каррера в качестве отцовской формы завязываемость была выше на 51,7 % в сравнении с прямым скрещиванием. Кроме того, в этой комбинации было получено наибольшее количество зерен – 182 шт.

В комбинации SZD 7385 х 32/22 было опылено 14 колосьев. Завязываемость варьировалась от 0 % до 100 % или от 0 до 18 зерен в одном колосе. Средний процент завязываемости составил 59,5 %.

При обратном скрещивании с использованием сортообразца 32/22 в качестве материнской формы мы также получили высокий средний процент завязываемости, равный 45,2 %. При этом можно предположить, что данный показатель был несколько снижен из-за большого количества колосьев с нулевым результатом (6 колосьев из 15), в то время как на остальных 9 колосьях в среднем завязалось по 14,6 зерен. Возможно, будет целесообразным повторить скрещивания данной комбинации в условиях следующего года и в большем объеме.

Таблица 1 – Эффективность прямых и реципрокных скрещиваний сортов и линий озимого ячменя в условиях 2022 года

Комбинация	Количество опыленных колосьев*, шт.	Общее количество завязавшихся зерен, шт.	Среднее количество завязавшихся зерен, шт.	Средний % завязываемости
Каррера х (Хайди х Кариока)	14	29	2,1	11,5
<b>(Хайди х Кариока) х Каррера</b>	16	<b>182</b>	11,4	<b>63,2</b>
<b>SZD-7385 х 32/22</b>	14	<b>150</b>	10,7	<b>59,5</b>
32/22 х SZD-7385	15	122	15	45,2
<b>Тома х (Циндарелла х Платон)</b>	15	<b>172</b>	11,5	<b>63,7</b>
(Циндарелла х Платон) х Тома	15	65	4,3	24,1
<b>Сельхоз х (Циндарелла х Платон)</b>	16	<b>148</b>	9,3	<b>51,4</b>
(Циндарелла х Платон) х Сельхоз	16	49	3,1	17,0

Примечание: \* – в 1 колосе оставляли 18 колосков

Комбинация SZD-7385 х 32/22 интересна тем, что показала высокий процент завязываемости как при прямом, так и при обратном скрещивании с разницей всего 14,3 %. Это дает возможность получить максимальную трансгрессию признаков.

Самый высокий процент завязываемости отмечался в комбинации Тома х (Циндарелла х Платон) и составлял 63,7 %. В комбинации было опылено 15 колосьев. Завязываемость варьировалась от 0 % до 100 % или от 0 до 18 зерен в одном колосе.

Обратное скрещивание (Циндарелла х Платон) х Тома оказалось не таким результативным. Процент завязываемости составил всего 24,1 %. При этом большая часть (8 колосьев) имели нулевую завязываемость.

Использование нового сорта Сельхоз в качестве материнской формы также было оправдано. Средняя завязываемость в одном колосе в комбинации Сельхоз х (Циндарелла х Платон) составила 9,3 зерен или 51,4 %.

Эффективность гибридизации оценивали путем подсчета среднего значения завязываемости (%). Комбинации, в которых насчитывалось свыше 50 % завязавшихся зерен в колосе считали эффективными.

В четырех из десяти лучших комбинаций в качестве материнской формы выступал сорт Каррера. Процент завязываемости в данных комбинациях варьировался от 52,6 % до 59,3 %.

Сорт Каррера был включен нами в программу гибридизации ввиду целого ряда ценных признаков. Он обладает

высокой полевой (горизонтальной) устойчивостью к мучнистой росе и карликовой ржавчине, в средней степени устойчив к сетчатой и темно-бурой пятнистостям. Каррера толерантен к повышенному содержанию ионов водорода (кислотности почвы), что особенно актуально на фоне интенсивного земледелия. Сорт обладает довольно мощной первичной корневой системой, очень устойчив к выпиранию, это очень важно в условиях южной зимы с резкими среднесуточными перепадами температуры. По морозостойкости несколько уступает одной из родительских форм, тем не менее, обладает высокой зимостойкостью, хорошо переносит влажные зимы, практически не поражается снежной плесенью. Каррера устойчив к перестояю и осыпанию на корню. В аридных (засушливых) условиях формирует урожай за счет глубоко проникающей мощной корневой системы.

В качестве опылителей были выбраны формы европейской селекции: SZD-7385, Хайлайт, Паттерн, Horeley. Данные сорта попали в программу скрещиваний, поскольку обладают другими хозяйственно ценными признаками и свойствами: высокие показатели качества зерна (белок, натура), устойчивость к полеганию и мучнистой росе, легкая обмолачиваемость, способствующая облегчению механизированной уборки. При удачной рекомбинации генов и высокой трансгрессии мы надеемся получить весьма ценный исходный материал, который послужит в дальнейшем для создания нового сильного сорта озимого ячменя.

Из комбинации Тома (НЦЗ им. П. П. Лукьяненко) и Циндарелла (Германия) x Платон (НЦЗ им. П. П. Лукьяненко) предполагается получить исходный материал с высокими качественными признаками, которые несет в себе сорт Тома (белок 13,7 %, натура зерна 739 г/л, содержание крахмала в зерне 58 %), и пластичностью за счет линии Циндарелла x Платон. Процент завязываемости в данной комбинации составил 63,7 %.

Новая линия 32/22 ранее не была нами изучена, однако мы включили ее как в роли материнской формы, так и в роли опылителя в разных комбинациях. Две из них (32/22 x Campill и SZD-7385 x 32/22) показали высокую эффективность: 51,9 % и 59,5 % соответственно. Есть вероятность отбора интересных форм из данных комбинаций во втором поколении гибридов.

Таблица 2 – Эффективность гибридизации сортов и линий озимого ячменя в условиях 2022 года

Комбинация	Количество опылен. колосьев*, шт.	Среднее количество завязавшихся зерен, шт.	Средний % завязываемости
Каррера x Horeley	14	9,5	52,8
Каррера x Паттерн	14	10,6	58,7
Каррера x SZD-7385	15	10,7	59,3
Каррера x Хайлайт	15	9,5	52,6
SZD-7385 x Хайлайт	16	11,7	64,9
32/22 x Campill	15	9,3	51,9
(Хайди x Кариока) x Каррера	16	11,4	63,2
SZD-7385 x 32/22	14	10,7	59,5
Тома x (Циндарелла x Платон)	15	11,5	63,7
Сельхоз x (Циндарелла x Платон)	16	9,3	51,4

Примечание: \* – в 1 колосе оставляли 18 колосков

Классический плотноколосый сорт Сельхоз обладает высокой полевой устойчивостью к карликовой ржавчине и головневым патогенам, а также устойчив к повреждению пьявицей. Опылив его линией Циндарелла/Платон, мы ожидаем увеличить урожайность за счет крупности и выполненности зерна.

## 5. Заключение и выводы

Исходя из поставленных задач была разработана и реализована программа гибридизации сортов озимого ячменя, включающая простые, реципрокные, ступенчатые скрещивания. Проведена 31 комбинация скрещивания. Из общего числа комбинаций эффективными оказались 10 или 32,3 %. Наибольший процент завязываемости отмечался в комбинациях SZD-7385 x Хайлайт (64,9 %); Тома x (Циндарелла x Платон) (63,7 %); (Хайди x Кариока) x Каррера (63,2 %) (таблица 2).

Во многом успех гибридизации зависит от складывающихся погодно-климатических условий года проведения скрещиваний. Часто исходный план корректируется в процессе работы. Однако если грамотно подобрать родительские формы, этот трудоемкий и времязатратный процесс неминуемо принесет плоды в виде новых перспективных сортов. Поэтому гибридизация остается незаменимым рабочим звеном в классической схеме селекции самоопыляющихся культур.

## Funding

This work was supported by one-time funding from grant support for the implementation of the Priority 2030 project.

## Финансирование

Работа выполнена в рамках единоразового финансирования из средств грантовой поддержки реализации проекта «Приоритет 2030».

**Conflict of Interest**

None declared.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**References**

1. Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 16.11.2022)
2. Лукьяненко П. П. Методы и результаты селекции озимой пшеницы / П. П. Лукьяненко // Научные труды Краснодарского научно-исследовательского института сельского хозяйства – Вып. 2. – 1966.
3. Коновалов Ю. Б. Общая селекция растений : учебник / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хупацария и др. – СПб. : Лань, 2013. – 480 с.
4. Шевцов В. М. Селекция и агротехника ячменя на Кубани / В. М. Шевцов, Н. Г. Малюга. – Краснодар, 2008. – 138 с.
5. Вавилов Н. И. Центры происхождения культурных растений / Н. И. Вавилов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – Т. XVI. – №2. – Ленинград, 1926. – С. 248.
6. Вавилов Н. И. Ботанико-географические основы селекции. / Н. И. Вавилов. – Сельхозгиз, 1935. – С. 50.
7. Репко Н. В. Новый сорт озимого ячменя Кубагро-1 и особенности его возделывания / Н. В. Репко, А.А. Салфетников, Е. С. Бойко и др. // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – № 3 (15). – С. 177-184.
8. Филиппов Е. Г. Краткая история селекции озимого ячменя на Дону / Е. Г. Филиппов, Н. В. Репко // Сб. Достижения, направления развития сельскохозяйственной науки России. Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур им. И. Г. Калиненко ВНИИЗК-75 лет. – Ростов-на-Дону, 2005. – С. 119-124.
9. Smirnova E. Genetic relationship of the winter barley varieties assessed by the inter-primer binding site (ipbs) dna profiling method / E. Smirnova, N. Repko, D. Savenkova // Journal of Crop Improvement. – 2021. – P. 1-22.
10. Сокол А. А. Изучение элементов методики половой гибридизации озимого ячменя / А. А. Сокол // Сб. науч. тр. Министерства сельского хозяйства СССР; Донской ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственный институт / отв. за вып. Пугачев В. В. – Новошахтинск, 1968. – Том IV. – Вып. 1. – С. 128-131.

**References in English**

1. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Federal State Statistics Service] – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (accessed 16.11.2022) [in Russian]
2. Lukyanenko P. P. Metody i rezul'taty selekcii ozimoy pshenicy [Methods and results of winter wheat breeding] / P.P. Lukyanenko // Nauchnye trudy Krasnodarskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skogo hozyajstva [Scientific works of the Krasnodar Research Institute of Agriculture] – Iss. 2. – 1966. [in Russian]
3. Konovalov Yu. B. Obshchaya selekciya rastenij : yчебnik [General plant breeding : textbook] / Yu. B. Konovalov, V.V. Pylnev, T. I. Hupatsaria [et al.]. – St. Petersburg : Lan', 2013. – 480 p. [in Russian]
4. Shevtsov V. M. Selekcija i agrotehnika yachmenya na Kubani [Selection and agrotechnics of barley in the Kuban] / V.M. Shevtsov, N. G. Malyuga. – Krasnodar, 2008. – 138 p. [in Russian]
5. Vavilov N. I. Centry proiskhozhdeniya kul'turnyh rastenij [Centers of origin of cultivated plants] / N.I. Vavilov // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii [Works on applied botanics, genetics and selection]. – Vol. XVI. – №2. – Leningrad, 1926. – P. 248. [in Russian]
6. Vavilov N.I. Botaniko-geograficheskie osnovy selekcii [Botanical and geographical bases of breeding] / N.I. Vavilov. – Selkhozgiz, 1935. – P. 50. [in Russian]
7. Repko N.V. Novyj sort ozimogo yachmenya Kubagro-1 i osobennosti ego vozdel'yvaniya [A new variety of winter barley Kubagro-1 and features of its cultivation] / N.V. Repko, A.A. Napkinnikov, E.S. Boyko [et al.] // Vestnik APK Stavropol'ya [Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol]. – 2014. – № 3 (15). – P. 177-184. [in Russian]
8. Filippov E.G. Kratkaya istoriya selekcii ozimogo yachmenya na Donu [A brief history of winter barley breeding on the Don] / E.G. Filippov, N.V. Repko //Sb. Dostizheniya, napravleniya razvitiya sel'skohozyajstvennoj nauki Rossii. Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut zernovyh kul'tur im. I.G. Kalinenko VNIIZK-75 let. [In the collection: Achievements, directions of development of agricultural science in Russia. All-Russian Scientific Research Institute of Grain Crops named after I.G. Kalinenko VNIIZK-75 years]. – Rostov-on-Don, 2005. – P. 119-124. [in Russian]
9. Smirnova E. Genetic relationship of the winter barley varieties assessed by the interprimer binding site (ipbs) dna profiling method / E. Smirnova, N. Repko, D. Savenkova et al. // Journal of Crop Improvement. – 2021. – P. 1-22.
10. Sokol A. A. Izuchenie jelementov metodiki polovoj gibridizacii ozimogo jachmenja [The study of the elements of the technique of sexual hybridization of winter barley] / A. A. Sokol // Sb. nauch. tr. Ministerstva sel'skogo hozjajstva SSSR; Donskoj ordena Trudovogo Krasnogo Znameni sel'skohozyajstvennyj institut [Collection of scientific papers USSR Ministry of Agriculture; Don Order of the Red Labor of the Famous Agricultural Institute] / responsible for issue Pugachev V.V. – Novoshahtinsk, 1968. – Vol. IV. – Issue. 1. – P. 128-131 [in Russian].