

## КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

DOI: 10.30901/2227-8834-2017-1-31-40

УДК 633.14:631.527:581.19

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**В. Д. Кобылянский<sup>1</sup>,  
О. В. Солодухина<sup>1</sup>,  
И. В. Лунегова<sup>2</sup>,  
С. П. Новикова<sup>3</sup>,  
М. С. Хлопнок<sup>4</sup>,  
В. И. Макаров<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000 Санкт-Петербург, ул. Б. Морская д. 42, 44, Россия, e-mail: osolodukhina@yandex.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 196084, Россия, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д.5, e-mail: ivlunegova@yandex.ru

<sup>3</sup> «Озерский свиноплекс» 301484, Россия, Тульская обл., Плавский район, дер. Кобылинский хутор

<sup>4</sup> Тульский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 301493, Россия, Тульская обл., Плавский район, пос. Молочные дворы, ул. Садовая, д.7, e-mail: svetlana\_khoreva@mail.ru, e-mail: tniisx@mail.ru

**Ключевые слова:**

*зернофуражная рожь, генетика, технология селекции, сорт, рационы, крысы, свиньи, цыплята*

**Поступление:**

21.12.2016

**Принято:**

06.03.2017

**СОЗДАНИЕ НИЗКОПЕНТОЗАНОВОЙ РЖИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА КОРМ ЖИВОТНЫМ**

Использование зерна ржи на корм животным ограничено наличием в нем большого количества водорастворимых пентозанов (арабинозы и ксилозы). В зерне ржи их содержится в три раза больше, чем в других зерновых культурах. Водорастворимые арабиноксиланы (ВАК) зерна в желудке животных образуют слизи, которые ограничивают доступ пищеварительных ферментов к питательным веществам зерна. Они не гидролизуются ферментами животных и не сбраживаются дрожжами, что позволяет им в виде слизи пройти через весь пищеварительный тракт, сохраняя свою вредоносность. Во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) проведены исследования 480 образцов коллекции озимой ржи из мирового генофонда ВИР по развитию нового направления в селекции зернофуражной ржи – «Создание ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне». В результате поиска исходного материала для селекции среди 480 образцов коллекции озимой ржи из мирового генофонда не обнаружено готовых низкопентозановых сортов, пригодных для прямого зернофуражного использования. Однако установлено, что разные популяции ржи в своем составе содержат низкопентозановые формы растений с частотой 0,1–20,0%. Выявлены шесть популяций ржи, включающих около 20% генотипов с низким содержанием (0,5–0,7%) водорастворимых пентозанов в зерне. Определен рецессивный полигенный характер наследования признака низкого содержания ВАК в зерне. Выявлено уменьшение толщины перикарпия на 40–60% у низкопентозановых зерновок по сравнению с высокопентозановыми. Эта причинно-следственная связь позволила нам сформулировать стратегию и технологию селекции и семеноводства низкопентозановой ржи. Совместно с сотрудниками других селекционных учреждений созданы шесть сортов зернофуражной озимой ржи, не имеющих мировых аналогов. Новая рожь характеризуется низким, как у пшеницы, содержанием водорастворимых фракций пентозанов. Низкое содержание ВАК в зерне устраняет возможность образования слизи в желудке животных, чем снимает проблему, возникающую при кормлении классической хлебопекарной рожью. При использовании низкопентозанового зерна в качестве корма лабораторными и сельскохозяйственными животными наблюдали его предпочтительную поедаемость и высокую питательную ценность. Для получения прироста массы животных при использовании единицы корма, зерно этой ржи превосходит все зерновые культуры. Использование зерна низкопентозановой ржи для фуражных целей в рационах поросят способствует снижению конверсии корма до 42% по сравнению с патентованными комбикормами. Получены результаты, свидетельствующие о возможности успешного использования зерна низкопентозановой ржи при кормлении птицы.

V. D. Kobylansky<sup>1</sup>,  
O. V. Solodukhina<sup>1</sup>,  
I. V. Lunegova<sup>2</sup>,  
S. P. Novikova<sup>3</sup>,  
M. S. Hlopyuk<sup>4</sup>,  
V. I. Makarov<sup>4</sup>

<sup>1</sup>The N. I. Vavilov  
All-Russian Institute  
of Plant Genetic Resources,  
42, 44, Bolshaya Morskaya str.,  
St. Petersburg,  
190000 Russia,  
e-mail: osolodukhina@yandex.ru

<sup>2</sup>St. Petersburg State Academy of  
Veterinary Medicine,  
5, Chernigovskaya St.,  
St. Petersburg,  
196084, Russia,  
e-mail: ivlunegova@yandex.ru

<sup>3</sup>Ozersk Pig Farm,  
Kobylinsky Farmstead,  
Plavsky District, Tula Province,  
301484, Russia  
e-mail: svetlana\_khoreva@mail.ru

<sup>4</sup>Tula Agricultural Research  
Institute, 7, Sadovaya St.,  
Molochnye Dvory Settlement,  
Plavsky District, Tula Province,  
301493, Russia,  
e-mail: tniisx@mail.ru

**Key words:**

*grain forage rye, genetics,  
technology of breeding, variety,  
diets, rats, pigs, chicken*

**Received:**

21.12.2016

**Accepted:**

06.03.2017

**RYE BREEDING FOR LOW-PENTOSANS AND POSSIBILITY  
OF ITS USE IN ANIMAL FEEDING**

Traditional rye grain surpasses all cereals in nutritional and biological values. But the use of rye grain for animal feeding is restricted by the presence of large quantities of water-soluble pentosans (arabinose and xylose). The content of these substances in rye grain is three times higher than that in other cereals. Water-soluble arabinoxylans (WS-AX) in dry seed in animal stomachs form mucus restricting digestive enzymes to have access to grain nutrients. They are not hydrolyzed by animals' enzymes and are not fermented by yeasts, which allows them to go through the entire gastrointestinal tract as mucus retaining their harmfulness. Investigations in new areas of grain forage rye breeding have been conducted under the title "Development of rye with low content of water-soluble pentosans in seeds". Having sought for source material for breeding among 480 winter rye accessions from the VIR global collection, we have not identified 'ready' low-pentosan varieties suitable for grain forage use. However, different rye populations were found to contain low-pentosan plants with frequencies 0.1–20.0%. Six rye populations were identified containing approximately 20% genotypes with low content (0.5–0.7%) of WS-AX in grain. Decrease of the pericarp thickness up to 40–60% was found in low-pentosan seeds as compared with high-pentosan ones. This cause-effect relationship allowed us to formulate the strategy and technology of low-pentosan rye breeding and seed production. The strategy and technology of rye breeding for low WS-AX content in grain should be carried out by reducing coating portions in seeds. Together with breeders from other institutions we developed six varieties of grain forage winter rye which are in the state trials now. Like wheat, such rye has low content of water-soluble pentosan fractions. Seeds of low-pentosan forage rye do not form viscous mucus in animal stomachs. When used as feed for laboratory and farming animals, the varieties demonstrated high palatability and nutritional value. The increase of body weight of rats by 12%, if compared with barley, or 27%, if compared with wheat, was observed. If production increase (animal weight) per fodder unit is to be achieved, such rye grain surpasses all cereal crops. Using low-pentosan rye seed to feed piglets can decrease fodder conversion up to 42% as compared with patented mixed fodders. The obtained results confirm the possibility to successfully use low-pentosan forage rye grain for feeding poultry.

Современное производство концентрированных кормов для сельскохозяйственных животных осуществляется при использовании основных зерновых культур: пшеницы, тритикале, ячменя и кукурузы. Проблема использования зерна ржи в кормопроизводстве всегда привлекала внимание производителей. Рожь по питательной ценности белка превосходит другие зерновые культуры (за исключением овса). Белок зерна ржи на 83% соответствует молочному казеину коров, тогда как у пшеницы – лишь на 41%. Белок ржи содержит 3–4% лизина и более благоприятно сбалансирован по другим незаменимым аминокислотам (Kobylyansky, 1982).

Частичное решение этой проблемы в России достигнуто за счет различных технологий механической и тепловой обработки зерна, применения ферментных добавок в рационах, или при одновременном сочетании разных технологий. Вышеупомянутые способы улучшения кормовой ценности зерна хлебопекарной ржи все равно не обеспечивают должного уровня усвояемости корма животными. Высокозатратность производства сырья приводит к удорожанию комбикормов и продукции животноводства до 30%. На практике в комбикормовой промышленности России использование зерна ржи без ферментативных и пищевых добавок не превышает 5% валового сбора урожая (Ficev, Kosolapov, 2008).

Главным препятствием для употребления зерна современных сортов хлебопекарной ржи на корм животным, особенно с однокамерным желудком (свиньи, птицы), служат пятиуглеродные сахара (пентозаны) – водорастворимые арабиноза и ксилоза (ВАК), которые не сбраживаются дрожжами и не перевариваются ферментами животных и человека. Пентозаны содержатся в зерне всех злаковых культур. Но их количество у ржи в три раза больше, чем, например, у пшеницы.

Водорастворимые арабиноксиланы в полимерном состоянии характеризуются высокой гидрофильностью и способны поглощать воду в количестве, которое в 8–10 раз больше их массы. В результате этого образуются вязкие гели (слизи), которые затрудняют доступ пищеварительных ферментов к белкам, жирам и крахмалу зерна. Кроме того, слизи, покрывая слизью стенки кишечника, ограничивают всасывание и усвоение продуктов пищеварения (Cugan, Rakowska et. al., 1995; Boros, Lukaszewski,

Aniol, 2001; Boros, 2007). Арабиноксиланы не перевариваются ферментами человека и животных, не гидролизуются дрожжами, и проходят через весь пищеварительный путь без изменений. Другие полисахариды гидролизуются ферментами желудка и не создают проблем при пищеварении (Pleshkov, 1965).

Цель наших исследований – разработать технологию селекции низкопентозановой зернофуражной озимой ржи и создать популяционные сорта, пригодные для использования в комбикормовой промышленности.

Почти все водорастворимые пентозаны локализованы в периферийной части зерновки и находятся в полимерном молекулярном состоянии. Арабиноксиланы (арабиноза и ксилоза) входят в состав гемицеллюлозы и, наряду с другими моносахарами, целлюлозой, лигнином и минеральными веществами, служат структурными компонентами клеточных стенок (Dimenshtein, Ermakov et al., 1958). Основным местом концентрации арабиноксиланов служат ткани зерновок, которые состоят из большого числа толстостенных клеток. Наиболее толстыми стенками характеризуются клетки оболочки зерновки и алейронового слоя.

Водорастворимые пентозаны по своим функциям можно разделить на два класса: пассивные и активные. Пассивные расположенные в клеточных стенках и межклеточном пространстве плодовой и семенной оболочек. Плодовая оболочка выполняет функцию защиты плода и семени от неблагоприятных условий внешней среды. Ее пентозаны поглощают влагу и передают ее семенной оболочке. На этом этапе биологическая функция пентозанов из плодовой оболочки заканчивается.

Активные пентозаны находятся в стенках клеток алейронового слоя. При набухании зерна вода диффузно через семенную оболочку поступает к клеткам зародыша и алейронового слоя. В результате этого происходит, с одной стороны, прорастание зародыша, с другой – активизируется процесс обмена веществ в клетках алейронового слоя. В этот период активные пентозаны алейронового слоя зерна под действием собственных ферментов, переходят из полимерного состояния молекул в активное мономерное состояние – пентозы. При прорастании зерна пентозы принимают участие в обмене веществ и служат первичным

строительным материалом для клеточных стенок формирующихся тканей зародыша.

В процессе приготовления кормов из зерна классической ржи происходит объединение пассивных и активных водорастворимых пентозанов. Это способствует возникновению антипитательных свойств корма при смачивании его в желудке, чем создает проблему при использовании в кормлении животных.

Для выявления форм ржи с малым содержанием ВАК в зерне во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) провели изучение 480 образцов озимой и яровой ржи из коллекции ВИР, представленных отечественными и зарубежными сортами и формами различного географического происхождения. Мы не обнаружили готовых источников малого содержания ВАК (0,5–1,0%) в зерне. Выявлена большая внутрипопуляционная изменчивость признака. Низкопентозановые формы отмечали в пределах разных популяций ржи с частотой 0,1–20,0%.

Анатомо-морфологическое изучение зерновок ржи с низким содержанием ВАК показало уменьшение толщины перикарпия на 40–60% по сравнению с таковым у высокопентозановых зерновок. Согласно исследованиям, Е. Д. Казакова (Kazakov, 1947) и Л. Н. Любарского (Lyubarskii, 1956), средние показатели доли оболочки в составе зерна ржи варьируют от 7,4 до 12,4 % при толщине 60,1–101,4 мкм. Зерно пшеницы содержит в три раза меньше ВАК, чем у ржи, и характеризуется в три раза меньшей толщиной оболочки.

Выявленный нами большой размах вариаций биотипов в популяциях ржи по доле оболочек от массы зерновки позволяет распознавать и отбирать формы растений с «тонкопокровным» зерном. Мы обнаружили, что чем тоньше оболочка зерна, тем меньше в нем водорастворимых арабиноксиланов. В результате этот показатель был положен в основу идентификации низкопентозановых зерновок ржи (Kobylyansky, Solodukhina, 2009).

При изучении наследования признака содержания ВАК в зерне обнаружили четкое доминирование или сверхдоминирование высокого содержания ВАК над низким у всех гибридов в F<sub>1</sub> и рецессивный характер наследования низкого содержания ВАК (Kobylyansky, Solodukhina, 2010; 2013).

Анализ структуры популяции сорта

‘Эра’ по числу генотипов с неодинаковым содержанием ВАК в зерне выявил их «нормальное» распределение (рис. 1).

Это характерно для полигенно контролируемых признаков. Генотипы с крайне низкими показателями ВАК можно использовать для целей селекции. Известно, что содержание пентозанов в зерне ржи контролируют гены, размещенные во всех хромосомах (Boros, Lukaszewski, Aniol, 2001). Это позволяет предположить, что признак обуславливают не менее чем семь генов и большое число аллелей каждого локуса. Проявление признака возможно только при благоприятном сочетании аллелей каждого локуса всех хромосом генома.

Результаты реципрокных скрещиваний альтернативных по содержанию ВАК форм ржи свидетельствуют об отсутствии влияния отцовских компонентов скрещивания на качество гибридных семян материнских растений (Kobylyansky, Solodukhina, 2010). Фенотипическое проявление низкопентозановости выражается в сохранении у гибридных семян признака низкого содержания ВАК материнского фенотипа. Это можно объяснить тем, что оболочки гибридного зерна состоят из материнских тканей и не являются гибридными и поэтому не меняют своей структуры (Schmalz, 1969). Это означает, что в товарных посевах, в случае опыления растений низкопентозановых сортов пылью растений с высоким содержанием ВАК, полученное гибридное зерно останется низкопентозановым. Но в потомствах F<sub>2</sub> и последующих поколениях, выращенных из этих семян, будет наблюдаться расщепление по содержанию ВАК и потеря низкопентозановости. Из этого следует, что для обеспечения генетической чистоты селекционных низкопентозановых материалов, посева первичного семеноводства, элиты и товарного семеноводства необходимо размещать в местах, исключающих возможность их переопыления чужеродной пылью.

Популяции ржи, изученные в течение пяти лет по содержанию ВАК в зерне, показали различную реакцию на условия года. У одних популяций эта реакция была сильной (Cv = 10,3–14,1%), у других — слабой (Cv = 2,7–3,9%), что указывает на возможность создания сортов ржи, стабильно сохраняющих признак низкого содержания ВАК в течение многих лет (Kobylyansky, Solodukhina, 2013).

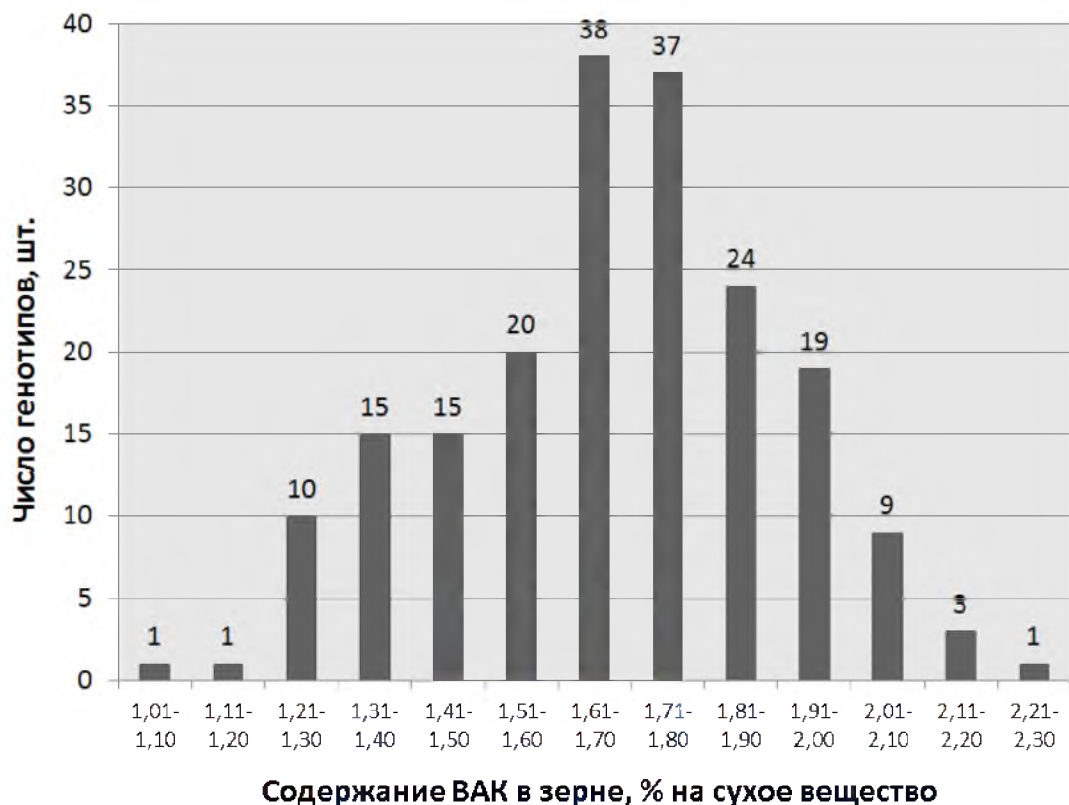


Рис. 1. Распределение генотипов по содержанию водорастворимых арабиноксиланов в зерне в популяции ржи сорта Эра

Fig. 1. Distribution of genotypes in the rye variety Era population according to the content of water-soluble arabinoxilans (WS-AX) in grain

В настоящее время информации о генетике признака низкого содержания ВАК в зерне ржи очень мало, но ее вполне достаточно для создания зернофуражной ржи (Kobylyansky, Solodukhina, 2013). Изучение наследования и изменчивости признака низкопентозановости зерна позволило разработать технологию селекции зернофуражной ржи с низким содержанием ВАК в зерне и создать исходный материал, с комплексом других селекционно-ценных признаков.

По внешнему виду низкопентозановые зерна имеют тонкие покровы и заметно отличаются от высокопентозановых с толстыми покровами. Оболочки тонкопокровных зерен более гладкие, прозрачные и в определенных условиях освещения выглядят стекловидными. В связи с этим можно проводить визуальный отбор низкопентозановых зерновок, не прибегая к биохимической оценке (know how). Стратегия и технология селекции ржи с низким содержанием водорастворимых арабиноксиланов в зерне должна осуществляться путем

уменьшения доли оболочек в составе зерновок.

Кроме биохимического, мы предложили несколько вариантов технологий, позволяющих идентифицировать растения популяций озимой ржи по содержанию ВАК в зерне для целей селекции:

*Метод клоновых половинок.* При использовании этого метода из каждого тонкопокровного зерна изучаемой сортовой популяции или гибрида в первый год в период весна – осень получают до 25–30 клонов одного генотипа. После яровизации растений часть колосьев каждого клонированного генотипа изолируют до цветения для получения самоопыленных потомств. Завязавшееся зерно визуально отбирают по тонкопокровности с целью выявления генотипов с низким содержанием ВАК. Метод клоновых половинок позволил идентифицировать в пределах популяций разных сортов более 90 источников малого содержания ВАК в зерне, которые были использованы в селекции зернофуражных сортов ржи.

**Таблица 1. Сорты озимой низкопентозановой зернофуражной ржи, прошедшие Государственное сортоиспытание (2012–2016 гг.)**  
**Table 1. Low-pentosan winter forage rye cultivars which passed the State Variety Trials in 2012–2016**

Сорта Variety	Авторы сорта Authors of the variety	№ реги- стра- ции Registra- tion number	Физические показа- тели зерна* Physical characteris- tics of grain		Содержание в зерне, % на сухое вещество* Content in grain, % per dried matter	
			масса 1000 зе- рен, г 1000 grain weight, g	нагура зерна, г/л grain- unit, g/l	водорас- творимые пентозаны water- soluble pentosans	белок pro- tein
Новая Эра	ВИР, Псков- ский НИИСХ	8653808	37,1	705	0,64	8,8
Янтарная	ВИР, Ураль- ский НИИСХ	8654640	39,6	749	0,53	9,0
Подарок	ВИР, Татар- ский НИИСХ	8653091	36,0	782	0,68	8,6
Берегиня	ВИР, ФГУП «Котласское»	8757428	35,0	742	0,50	9,1
Вавиловская	ВИР, Тульский НИИСХ	8757855	35,1	757	0,42	9,9
Красноярская универсальная	ВИР, Красно- ярский НИИСХ	8559150	32,0	748	0,31	13,2

\*характеристика признаков зерна получена при выращивании ржи в Ленинградской обл. России

\*grain characteristics were studied when the rye was grown in Leningrad Province, Russia

*Метод внутривнутрипопуляционных накопительных скрещиваний* предложен при использовании исходного материала с низкой частотой низкопентозановых генотипов. Это могут быть зерна, обнаруженные среди семян сортов традиционной ржи или потомства гибридов от скрещивания с донорами низкого содержания ВАК в зерне. Метод предполагает последовательный массовый отбор тонкопокровных зерновок и выращивание полученных из них растений в изолированных условиях для последующего внутривнутрипопуляционного накопительного скрещивания. В каждом последующем поколении (G-генерации) повторяют отбор форм и их внутривнутрипопуляционное скрещивание. В потомствах G7, в зависимости от качества отбора, частота тонкопокровных гомогенных зерновок достигает 20% и более.

*Метод попарных переопылений* может быть использован для отбора растений, гомогенных по признаку низкого содержания

ВАК в зерне. Для чего из урожая последней генерации G7–G8 накопительного внутривнутрипопуляционного скрещивания выращивают растения, которые до цветения изолируют попарно для взаимного переопыления. После созревания зерно каждой пары оценивают визуально. Отбирают те пары, у которых оба растения имеют тонкопокровное зерно (know haw).

На основе материалов, полученных перечисленными методами, завершено создание серии доноров и 6 сортов озимой ржи с низким (0,31–0,68%) содержанием ВАК в зерне. Первые шесть сортов, созданные совместно с селекционерами других научных учреждений прошли Государственное сортоиспытание (табл. 1). Созданные в ВИР доноры низкого содержания водорастворимых пентозанов и лучшие популяции переданы в 15 научно-исследовательских учреждений РФ для развития перспективного направления селекции ржи (рис. 2).



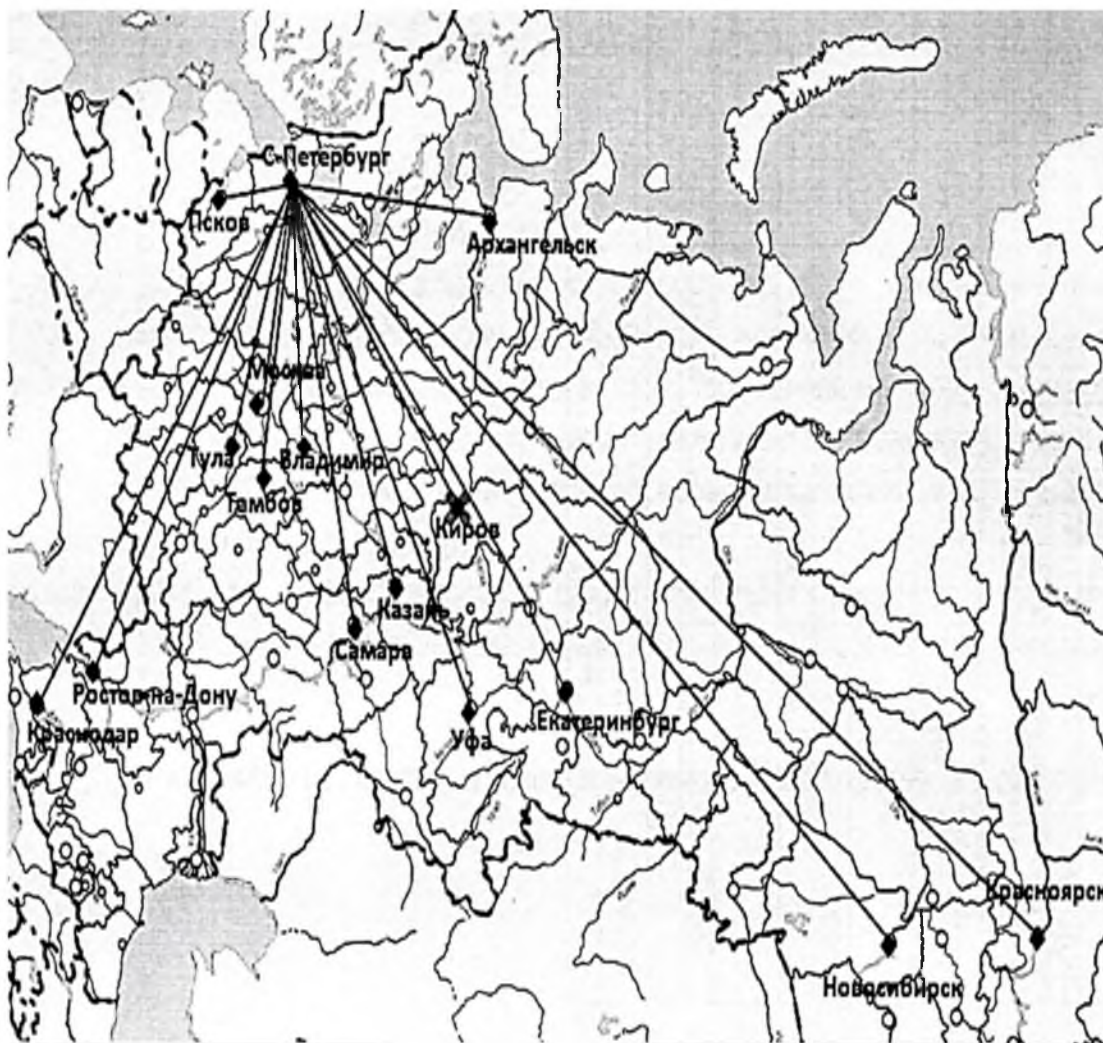


Рис. 2. Распространение селекции низкопентозановой озимой ржи на территории РФ (приводится из работы Кобылянский, Солодухина, 2015)

Fig. 2. Expansion of low-pentosan winter rye breeding in the Russian Federation (from Kobylyansky, Solodukhina, 2015)

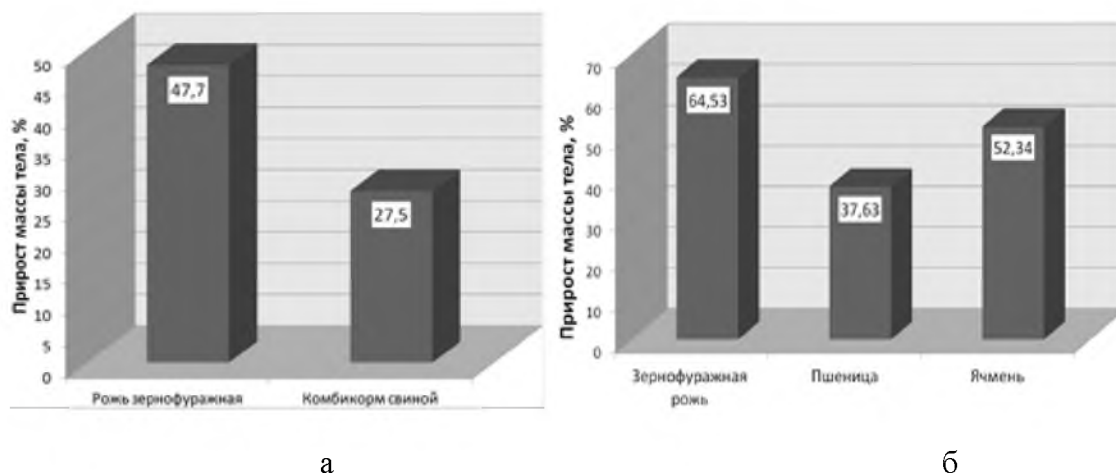
Благодаря этому к настоящему времени селекция зернофуражной низкопентозановой ржи осуществляется на территории Европейской части РФ, и в Западной и Восточной Сибири РФ.

*Использование кормовой ценности зерна сортов низкопентозановой ржи*

Первые «модельные» эксперименты по определению кормовой ценности низкопентозановой ржи провели на лабораторных крысах. При скармливании зерна с низким (0,51%) содержанием водорастворимых пентозанов молодым крысам в течение 36 суток, полученный прирост живой массы особей был на 20% выше, чем при кормлении свиным комбикормом (рис. 3а).

В другом эксперименте выявлено превосходство зерна низкопентозановой ржи над пшеницей и ячменем (рис. 3б). Установлено, что средний прирост каждой лабораторной крысы через 28 дней кормления зерном низкопентозановой зернофуражной ржи составил 64,5% к начальному весу, что на 12,2% выше, чем при кормлении зерном ячменя и на 26,9% выше, чем при кормлении пшеницей (Lunegova, Kobylyansky, Solodukhina, 2014).

Проведенные исследования на крысах показали, что зерно новой ржи в цельном виде охотно поедается и эффективно переваривается животными.



**Рис. 3. Прирост массы тела молодых крыс при кормлении зерном низкопентозановой зернофуражной ржи в сравнении с комбикормом свиным (а) и другими видами кормов (б)**

(Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины, 2014; приводится из работы Кобылянский, Солодухина, 2015)

**Fig. 3. Weight increase of young rats when fed with low-pentosan forage rye grain as compared with mixed pig fodder (a) and other forages**

**(b) (St. Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, 2014; from Kobylyansky, Solodukhina, 2015)**

Испытание низкопентозановой ржи в рационах для свиней провели при использовании зерна сорта 'Вавиловская'. При кормлении поросят в течение восьми недель, при их «доращивании», использовали «экспериментальный» рацион (табл. 2), в котором зерновые культуры из «контрольного» рациона на 53% заменили зерном низкопентозановой ржи и исключили дорогостоящие пищевые добавки (сухое молоко, премикс).

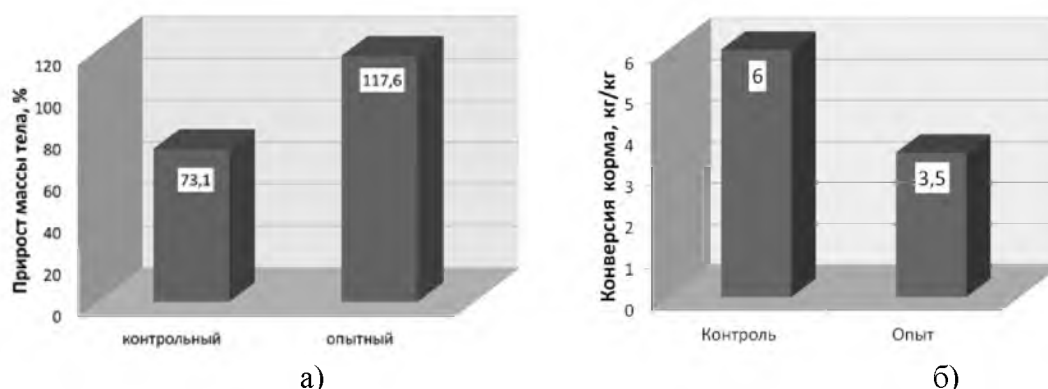
Все это привело к увеличению прироста животных на 44,5% и снижению конверсии корма на 41,7% по сравнению с контролем (рис. 4). Опыт по применению низкопентозановой ржи в рационе цыплят-бройлеров проведен в крестьянско-фермерском хозяйстве «Радушкино» в 2015 г. (Ленинградская обл.). При создании экспериментального рациона зерно пшеницы заменили зерном низкопентозановой ржи (табл. 3).

**Таблица 2. Рационы для кормления поросят, используемые в ООО «Озерский свинокомплекс» (Тульская обл., 2013 г.)**

**Table 2. The diets used for feeding piglets at Ozersk Pig Farm (Tula, 2013)**

Контрольный рацион The control diet	Экспериментальный рацион The experimental diet
-	Рожь низкопентозановая – 50%
Пшеница – 25%	Пшеница – 15%
Ячмень – 25%	Ячмень -10%
Овес – 25%	Овес -10%
Кукуруза – 10%	Кукуруза – 10%
Трикальцийфосфат – 5%	Трикальцийфосфат – 5%
Соль поваренная	Соль поваренная
Сухое молоко – 5%	-
Премикс 51 – 5%	-





**Рис. 4. Прирост массы тела (а) и конверсия корма (б), используемого при кормлении поросят в ООО «Озерский свиноплекс» (Тульская обл., 2013 г.)**

**Fig. 4. Increase in pig weight when piglets were fed with low-pentosan forage rye grain (a) and fodder conversion (b) as compared with patented mixed pig fodder at Ozersk Pig Farm (Tula, 2013)**

Установлено, что при использовании, как контрольного, так и экспериментального рационов в кормлении бройлерных цыплят, прирост массы птиц был одинаковым. Через 46–48 дней кормления масса каждой особи достигла 2,4–2,5 кг.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности успешного использования зерна низкопентозановой ржи при кормлении птицы.

Кормовое превосходство зерна новой ржи по сравнению с традиционной хлебопекарной рожью обусловлено тем, что низкое содержание пентозанов в зерне не приводит к образованию слизей в желудке животных, приводящих к возникновению проблем в пищеварении. Это позволяет животным эффективно и полно использовать высокоценные вещества низкопентозанового зерна такой ржи.

**Таблица 3. Рационы, используемые для кормления цыплят-бройлеров (Санкт-Петербург, 2016 г.)**

**Table 3. The diets used for feeding broiler chicken (St. Petersburg, 2016)**

Контрольный рацион The control diet	Экспериментальный рацион The experimental diet
Молочно-протеиновый концентрат – 44%	Молочно-протеиновый концентрат – 44%
Пшеница – 52%	Рожь низкопентозановая – 52%
Масло подсолнечное – 0,5%	Масло подсолнечное – 0,5%
Монокальций фосфат – 0,6%	Монокальций фосфат – 0,6%
Известняковая мука – 1,6%	Известняковая мука – 1,6%
Премикс 51 – 1%	Премикс 51 – 1%

Исследование хлебопекарных свойств зерна у 10 сортов низкопентозановой ржи показало хорошие результаты. Низкое содержание (0,51–0,68%) арабиноксиланов в зерне не привело к ухудшению их хлебопекарных качеств. Отмечено ускорение созревания теста и более длительная его устойчивость к размягчению (Lavrentyeva, Kunetsova et al., 2016). Сорта ржи нового поколения с низким содержанием водорастворимых арабиноксиланов в зерне характеризуются хорошими хозяйственно ценными качествами и пригодны для универ-

сального использования. В связи с этим нет необходимости выводить сорта цельного зернофуражного направления. Низкопентозановая рожь становится экономически привлекательной и конкурентоспособной по отношению к другим зерновым культурам.

*Материалы представленных исследований были доложены на международной конференции EUCARPIA по генетике и селекции ржи в Польше (Kobylyansky, Solodukhina, Lunegova, Novikova, 2015).*

## References/Литература

- Boros D. Quality aspects of rye for feed purposes. Vortr. Pflanzenzucht, 2007, vol. 71, pp. 80–85.
- Boros D., Lukaszewski A., Aniol A. Location of genes controlling of dietary fibre and arabinoxylans in rye. Proceedings of the EUCARPIA Rye Meeting (Juli 4-7), Radzicow, Poland, 2001, pp. 78.
- Cyran M., Rakowska M., Wasilewko J., Buraczewska L. Degradation of dietary fiber polysaccharides of rye in the intestinal tract of growing pigs used as a model animal for studying digestion in humans. Jn. Anim. Feed Sci., 1995, vol. 4, pp. 217–227.
- Dimenshtein F. I., Ermakov A. I. et all. Rye biochemistry // Biohimija kul'turnyh rastenij – Cultivated plants biochemistry, 1958, no. 1, pp. 165–232 [in Russian] (Дименштейн Ф. И., Ермаков А. И. и др. Биохимия ржи // В кн.: Биохимия культурных растений. 1958. № 1. С. 165–232).
- Ficev A. I., Kosolapov V. M. Zootehnicheskaja ocenka ispol'zovanija rzhii v racionalah sel'skohoz'jajstvennyh zhivotnyh // In: Ozimaja rozh': selekcija, semenovodstvo, tehnologii, pererabotka [in Russian] (Фицев А. И., Косолапов В. М. Зоотехническая оценка использования ржи в рационах сельскохозяйственных животных // В кн.: Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии, переработка. 2008. С. 110–119).
- Kazakov E. D. Quantitative ratio and ash content of rye grain component parts // Reports of Science Academy of USSR, 1947, vol. 58, no. 6, pp. 1081–1082 [in Russian] (Казаков Е. Д. Количественное соотношение и зольность составных частей зерна ржи // ДАН СССР. 1947. Т. 58. № 6. С. 1081–1082).
- Kobilanskii V., Solodukhina O. Possibilities of winter rye breeding for low content of water soluble arabinixylans' in grains. EUCARPIA International Symposium on Rye Breeding & Genetics (29 June – 2 July). Minsk, Belarus, 2010, pp. 57–61.
- Kobylansky V. D., Solodukhina O. V. The role of the of the Vavilov Institute of plant industry in the initiation and development of new trends in winter rye breeding in Russia // Proceedings on applied botany, genetics and breeding, vol. 176, iss. 1, pp. 5–19 [in Russian] (Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Роль ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова в инициации и становлении новых направлений в селекции озимой ржи в России // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 2015. Т. 176. Вып. 1. С. 5–19).
- Kobylyanskii V., Solodukhina O., Lunegova I., Novikova S. Rye breeding for low water soluble pentosans and possibility of its use in animal feeding. EUCARPIA International Symposium on Rye Breeding & Genetics, Abstracts of Oral Presentations and Posters (24 – 26 June), Wroclaw, Poland, 2015, pp. 57.
- Kobylyansky V. D. Rye. Genetically bases of rye breeding. Moscow: Kolos, 1982, 271 p. [in Russian] (Кобылянский В. Д. Рожь. Генетические основы селекции. М.: Колос, 1982. 271 с.)
- Kobylyansky V. D., Solodukhina O. V. The bases of low pentosanes' rye breeding // Bulletin of applied botany, genetics and plant breeding, 2009, vol. 166, pp. 112–118 [in Russian] (Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Основы селекции малопентозановой ржи // Тр. по прикл. бот., ген. и селекции. 2009. Т. 166. С. 112–118).
- Kobylyansky V. D., Solodukhina O. V. Theoretical bases of fodder rye breeding with low water-soluble pentosans content // Agricultural Biology, 2013, no. 2, pp. 31–39 [in Russian] (Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Теоретические основы селекции зернофуражной ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 2. С. 31–39).
- Lavrentyeva N. S., Kuznetsova L. I., Kobylyansky V. D., Zhirnova E. V. Baking properties of the rye flour with a low content of water-soluble pentosans // Hlebopechenie Rossii, 2016, no. 6, pp. 31–33 [in Russian] (Лаврентьева Н. С., Кузнецова Л. И., Кобылянский В. Д., Жирнова Е. В. Хлебопекарные свойства муки из зерна ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов // Хлебопечение России. 2016. № 6. С. 31–33).
- Lunegova I., Kobylyanskii V., Solodukhina O. Low-pentosans rye seeds – valuable concentrated feed for animals // International Bulletin of Veterinary Medicine, 2014, no. 2, pp. 30–37 [in Russian] (Лунегова И. В., Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Низкопентозановое зерно ржи – ценный концентрированный корм для животных // Международный вестник ветеринарии. 2014. № 2. С. 30–37).
- Lyubarskii L. N. Rye. (Biological and technological grain properties) (Rozh' (Biologotehnologicheskie svojstva zerna), Moscow: Hlebizdat, 1956, 260 p. [in Russian] (Любарский Л. Н. Рожь (Биолого-технологические свойства зерна). М.: Хлебиздат, 1956. 260 с.).
- Pleshkov B. P. The cultivated plants biochemistry (Biohimija sel'skohoz'jajstvennyh rastenij). Moscow, 1965. 447 p. [in Russian] (Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М., 1965. 447 с.)
- Schmalz H. Pflanzenzüchtung. Berlin, 1969, 278 p.