

---

## ANIMAL HUSBANDRY

---

DOI: <https://doi.org/10.23649/jae.2022.1.21.6>

Maron K.A.<sup>1</sup> \*, Bezgodov A.V.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural Federal Agrarian Scientific Research centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

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

Received: 14.01.2022; Accepted: 18.01.2022; Published: 11.04.2022

### PROSPECTS FOR THE USE OF FORAGE VARIETIES OF RYE IN ANIMAL FEEDING

Research article

#### Abstract

Winter rye is an agronomically important crop due to its low requirements for agronomic techniques and growing conditions. Rye grain is rich in vitamins and nutrients. It is mainly used for baking. The only anti-nutrients are water-soluble pentosans, consisting mainly of arabinoxylans. They limit the use of rye grain in animal feed. To increase digestibility, canning, milling, extruding, or adding enzymes can be used additionally. This inevitably leads to higher feed costs. By breeding methods, the pentosan content in the grain has been reduced. The new ones are included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation approved for use. In studies on experimental animals (rats, rabbits, broiler chickens, pigs) a positive effect of fodder grain of winter rye when used as part of concentrated feed was established, a significant increase in body weight was noted. During fattening of young pigs, in the production trial, an increase in meat quality and absence of disorders of the gastrointestinal tract was established when feeding rye of the Amber variety. A decrease in feed cost by 11.5% was noted. In the diets of pigs, the fodder quality of grain-feeding low-pentose rye varieties were at the level of wheat grain according to many indicators.

**Keywords:** winter rye, antinutrient, water soluble pentosans, feeding.

Марон К.А.<sup>1</sup> \*, Безгодов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

\* Корреспондирующий автора (kabyr[at]mail.ru)

Получена: 14.01.2022; Доработана: 18.01.2022; Опубликовано: 11.04.2022

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУРАЖНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ В КОРМЛЕНИИ

Научная статья

#### Аннотация

Озимая рожь обладает агрономической значимостью благодаря низкой требовательности к агротехнике и условиям произрастания. Зерно ржи богато витаминами и питательными веществами. Оно используется в основном для хлебопечения. Единственным антипитательным веществом являются водорастворимые пентозаны, состоящие в основном из арабиноксиланов. Они ограничивают использование зерна ржи в кормлении животных. Для повышения переваримости можно дополнительно использовать консервирование, плющение, экструдирование или добавлять ферменты. Что неизбежно приводит к удорожанию кормов. Методами селекции содержание пентозанов в зерне было снижено. Новые включены в государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию. В исследованиях на опытных животных (крысы, кролики, цыплята –бройлеры, свиньи) было установлено положительное влияние зерна озимой ржи фуражного направления при его использовании в составе концентрированных кормов, отмечена существенная прибавка массы тела. При откорме молодняка свиней, в производственном испытании установило повышение качества мяса и отсутствие расстройств желудочно-кишечного тракта при кормлении рожью сорта Янтарная. Отмечено снижение стоимости кормов на 11,5%. В рационах свиней, кормовые качества зернофуражных низкопентозановых сортов ржи оказались на уровне зерна пшеницы по многим показателям.

**Ключевые слова:** озимая рожь, антипитательные вещества, водорастворимые пентозаны, кормление.

## 1. Введение

Низкая требовательность к плодородию, структуре и кислотности почвы, высокая зимостойкость и засухоустойчивость обуславливают повышенную адаптационную способность озимой ржи и стабильность урожая зерна [1]. Минимальные потребности к внесению удобрений, обработке гербицидами и пестицидами позволяют считать рожь культурой пониженного экономического риска. Способность ржи угнетать сорные растения, накапливать и возвращать в почву значительную биологическую массу делают её незаменимым звеном севооборотов [2]. Более высокая защищённость от недостатка влаги и засухи весной и в начале лета ставят рожь в более выгодное положение по сравнению с яровыми культурами.

Для продовольственных целей зерно озимой ржи используется в основном для хлебопечения. По химическому составу хлеб, выпекаемый из зерна ржи, является полноценным продуктом питания и его постоянное потребление оказывает благоприятное влияние на здоровье человека [3]. Повышенное содержание витаминов В<sub>2</sub>, Е, РР, незаменимых аминокислот в белке, особенно лизина, обуславливает большую ценность ржаного зерна по сравнению с пшеничным [4]. Питательная ценность белков зерна ржи составляет 83% по сравнению с питательной ценностью молока, а пшеницы – 41% [5].

В кормопроизводстве рожь используют в качестве раннего зелёного корма. Зерно ограничено, в составе комбикормов, используется на корм скоту [6].

В зерне озимой ржи содержатся различные вещества, которые считаются антипитательными: алкилрезорцинолы, фитиновую кислоту, ингибитор трипсина и пентозаны [7], [8].

## 2. Результаты

Wieringa G. W. в своих исследованиях установил, что содержание алкилрезорцинолов в зерне озимой ржи составляет от 0,095 % до 0,136 %, по другим данным 0,03–0,15 %, и зависит от массы 1000 зёрен [9]. Они содержатся в перикарпии. Эксперименты по откорму, проводились с использованием “rye oil”, а не чистых алкилрезорцинолов и показали снижение прироста свиней, по сравнению с контрольной группой, на 11–12 % [10]. Эксперимент по откорму, проведённый на цыплятах, не выявил угнетения развития [11]. Позднее исследованиями Antoniou T. было подтверждено, что основными антипитательными веществами озимой ржи являются водорастворимые пентозаны [12]. Ciccoritti R. et al. обнаружили фунгицидную активность алкилрезорцинолов в растениях. Они способны подавлять развитие грибов рода *Fusarium* [13], [14].

Зерно ржи содержит 0,54–1,46 % фитина, что не превышает содержание в сравнении с другими культурами: в рисе – от 0,02 % до 3,35 %, в масличных культурах – до 7,5 % [15]. Фитин служит основным запасным веществом, у бобовых, злаков, масличных и орехоплодных культур, из которого под действием фитазы растения получают фосфор [16]. Он не разрушается моногастричными животными и препятствует усвоению из пищи кальция, магния, цинка, меди и железа за счёт образования прочных хелатов. Хелаты и сам фитин разрушаются ферментом – фитазой, который также входит в состав растений. У ржи этот фермент наиболее активен, по сравнению с другими культурами [17], [18]. Исследованиями Мишанина было установлено, что откорм молодняка свиней крупной белой породы с повышенной нормой ввода в рацион экструдированной ржи не привёл к достоверному снижению оплаты корма и прироста живой массы [19].

Содержание ингибиторов трипсина достигает 200 мг/кг зерна, а их действия проявляется в снижении переваримости протеина у всех видов животных и птицы. У ржи, среди злаковых культур, ингибиторы трипсина обладают наибольшей активностью и термостойкостью и даже длительное кипячение зерна в воде не ослабляет их [20]. Исследованиями Sosulski F. W. et al. установлено, что ингибиторы трипсина у злаков проявляют слабую активность несмотря на их устойчивость к сухому теплу (автоклавированию) и низким значениям рН. Обработка зерна озимой ржи в автоклаве, чтобы деактивировать ингибиторы трипсина или экстрагирование эфиром, чтобы удалить резорцинолы, не улучшило пищевую ценность кормов изо ржи для мышей [21].

Ранее исследованиями было установлено, что некрахмалистые полисахариды (углеводы озимой ржи, представленные сырой клетчаткой и безазотистыми экстрактивными веществами) в свою очередь состоят из гемицеллюлоз [22], [23], [24]. Они в свою очередь называются некрахмалистыми полисахаридами. Основной компонент некрахмалистых полисахаридов пшеницы, ржи и тритикале – пентозы (арабиноза 254,4 мг/г и ксилоза 364,1 мг/г) [25].

Исследования показали высокую корреляцию между водным экстрактом ржи и водорастворимыми пентозанами (арабиноксиланами) [26]. Гемицеллюлозы долгое время игнорировались как важный компонент кормов, но они являются одной из наиболее важных фракций, относящихся к питательности злаков [27]. Низкая усвояемость кормов в рационах на основе ржи обусловлена водорастворимыми пентозанами, которые увеличивают объем и вязкость дигесты благодаря своим влагоудерживающим и гелеобразующим свойствам [28]. Пищевых волокон содержится в зерне ржи около 17 %, из них 7,6 % представлены арабиноксиланами, из которых 2–4 % являются водорастворимыми [29].

Из вышесказанного следует, что основным антипитательным веществом в зерне озимой ржи являются именно пентозаны. Данное утверждение находит подтверждение в современной литературе [30], [31], [32]. С целью повышения кормовых качеств зерна ржи были проведены исследования способов предварительной обработки зерна (плющение, консервирование, экструдирование), а также включения в корма ферментных добавок. Это позволяет с увеличением доли зерна ржи в кормах до 50–70 %, приводит к увеличению стоимости кормов свыше 30 % [33], [34].

Наиболее рациональным решением данной проблемы является создание сортов озимой ржи с низким содержанием водорастворимых арабиноксиланов (ВАК) в зерне [34], [35].

За последнее время под руководством Кобылянского В. Д. методами селекции были получены сорта с низким содержанием ВАК: Березиня, Вавиловская, Красноярская универсальная, Подарок и Янтарная [36], [37]. Они успешно прошли государственное сортоиспытание и были включены в Государственный реестр селекционных достижений [38].

Для оценки кормовых качеств низкопентозановой ржи в виварии ФГБОУ ВПО СПбГАВМ были проведены эксперименты по откорму на крысах. В первом эксперименте сравнивались кормовые качества традиционной, хлебопекарной ржи и зернофуражной в течение пяти недель. В результате исследований была получена достоверная ( $P>0,001$ ) прибавка средней массы тела крысы в 21,3 г в опытной группе (139,9 г), против 118,6 в контрольной. Во втором эксперименте оценивалась кормовая ценность низкопентозановой ржи в сравнении с ячменём и пшеницей при откорме крыс, в течение четырёх недель. К концу эксперимента максимальный прирост массы тела отмечен у крыс основу рациона, которых составляла рожь (65,53 %), в группе с ячменём прирост составил 52,34 %, а у пшеницы 37,63 %. Также был проведён эксперимент на кроликах породы серый великан. Изучались кормовые свойства зернофуражной ржи, пшеницы, ячменя и овса. В результате восьминедельного эксперимента максимальный прирост массы тела кролика отмечен при кормлении пшеницей (98,78%), далее следуют зернофуражная рожь (91,25 %), ячмень (44,30) и овёс (36,70 %) [31].

Испытания, проведённые в ООО «Озерский свиноплекс» (Тульская обл., 2013 г.) по использованию низкопентозановой ржи в рационах для свиней с использованием зерна сорта Вавиловская показали, что замена пшеницы рожью привела к приросту массы животных на 117,6 %. В крестьянско-фермерском хозяйстве «Радушкино» в 2015 г. (Ленинградская обл.) пшеницу полностью заменили на зерно низкопентозановой ржи в рационе цыплят – бройлеров. В результате средняя масса животного достигла 2,4–2,5 кг спустя 46–48 дней после начала откорма [39].

В 2013 г. на базе ФГБНУ «Уральский НИИСХ» был проведён опыт по откорму молодняка свиней. Оценивались кормовые качества озимой ржи сорта Янтарная. Её заменили 2/3 пшеницы в корме опытного варианта. В результате получено не снижение среднесуточного прироста массы свиней, а увеличение на 3 % в контрольной группе и снижение потребления комбикормов на 1 кг прироста на 12 %. Что дало экономический эффект в виде снижения стоимости потреблённых кормов в опытной группе на 11,5 %, а расход корма на 1 кг прироста в денежном эквиваленте снизился на 12,2 % [40]. Производственные испытания на базе ООО «Агрокомплекс Горноуральский» (Свердловская обл.), проведённые с декабря 2013 г. по март 2014 г. по откорму свиней крупной белой породы с заменой 20 % основного рациона на размол зерна озимой ржи сорта Янтарная, показали положительный результат. Он заключался в появлении мяса первой категории (1,2 %), увеличении второй категории на 4,7 %, за счёт снижения третьей категории и отсутствия нестандартной продукции. Так же отмечена нормализация рН мяса. За время проведения испытаний в опытной группе не было выбытия по причине расстройства желудочно – кишечного тракта и лечения антибиотиками [41].

В заключении можно сказать, что в зерне озимой ржи антипитательным веществом являются именно – пентозаны, негативное влияние, которых было преодолено методами селекции. В исследованиях на опытных животных (крысы, кролики, цыплята-бройлеры, свиньи) было установлено положительное влияние зерна озимой ржи фуражного направления при его использовании в составе концентрированных кормов, отмечена существенная прибавка массы тела, качества мяса. В рационах свиней, кормовые качества зернофуражных низкопентозановых сортов ржи оказались на уровне зерна пшеницы по многим показателям.

### Conflict of Interest

None declared.

### Конфликт интересов

Не указан.

### References

1. Жученко А.А. Рожь. Стратегическая культура в обеспечении продовольственной безопасности России в условиях глобального и локального изменения погоды – климатических условий. / А.А. Жученко. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2009.
2. Тамонов А.М. Сидеральный пар под картофель / А.М. Тамонов // Владимирский земледелец. п. Новый: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Владимирский научно – исследовательский институт сельского хозяйства». – 2016. – Т. 76, № 2 – С. 27–29.
3. Антропов В.И. Растениеводство СССР / В.И. Антропов, В.П. Кузьмин, С.Н. Переверзев. – Ленинград; Москва: Совхозной и колхозной литературы сельхозгиз, 1933. – 127–172 с.
4. Кобылянский В.Д. Культурная флора СССР. Рожь / В.Д. Кобылянский, А.Е. Корзун, А.Г. Катерова и др. Ленинград: ВИР, 1989. – Т. II. – 368 с.
5. Иванов А.П. Рожь / А.П. Иванов. – Москва: «Сельхозгиз», 1961. – 303 с.
6. Гаганов А. Результаты опытов с новыми сортами ржи на бройлерах / А. Гаганов, З. Зверкова, Л. Винжега // Комбикорма. – Москва: Редакция журнала «Комбикорма». – 2014. – № 4. – С. 57–58.
7. Исмагилов Р.Р. Качество и технология производства продовольственного зерна озимой ржи / Р.Р. Исмагилов, Р.Б. Нурлыгаянов, Т.Н. Ванюшина. – Москва: АгриПресс, 2001. – 224 с.
8. Кильчевский А.В. Генетические основы селекции растений / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева. – Минск: Белорусская наука, 2008. – Т. I. – 551 с.
9. Ross A.B. Alkylresorcinols in Cereal Grains. / A.B. Ross. – Swedish University of Agricultural Science, 2003. – 20 p.
10. Wieringa G.W. On the occurrence of growth inhibiting substances in rye. / G.W. Wieringa. – Landbouwhogeschool, 1967. – 68 p.

11. Fernandez R. Fractionation of a chick growth depressing factor from rye. / R. Fernandez, E. Lucas, J. McGinnis // *Poult. Sci. Poultry Science Association*, 1973. – Vol. 52, № 6. – P. 2252–2259.
12. Antoniou T. Influence of Rye Pentosans on the Growth of Chicks / T. Antoniou, R.R. Marquardt // *Poult. Sci. Poultry Science Association*, 1981. – Vol. 60, № 8. – P. 1898–1904.
13. Ciccoritti R. Effect of 5 – n –alkylresorcinol extracts from durum wheat whole grain on the growth of fusarium head blight (FHB) causal agents / R. Ciccoritti R et al. // *J. Agric. Food Chem.* – 2015. – Vol. 63, № 1. – P. 43–50.
14. Marentes –Culma R. Targeted metabolite profiling –based identification of antifungal 5 –n –alkylresorcinols occurring in different cereals against fusarium oxysporum / R. Marentes –Culma, L.L. Orduz –Díaz, E. Coy –Barrera // *Molecules.* – 2019. – Vol. 24, № 4.
15. Schlemmer U. Phytate in foods and significance for humans: Food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis / U. Schlemmer et al. // *Mol. Nutr. Food Res.* – 2009. – Vol. 53, № SUPPL. 2. – P. 330–375.
16. Vats P. Production studies and catalytic properties of phytases (myo –inositolhexakisphosphate phosphohydrolases): An overview / P. Vats, U.C. Banerjee // *Enzyme Microb. Technol.* – 2004. – Vol. 35, № 1. – P. 3–14.
17. Kumar V. General aspects of phytases / V. Kumar, A.K. Sinha // *Enzymes in Human and Animal Nutrition: Principles and Perspectives.* – Academic Press – 2018. – 53–72 p.
18. Gontzea I. Natural antinutritives substances in foodstuffs and forages. / I. Gontzea, P. Sutzescu – Basel: S. Karger, 1968. – 184 p.
19. Мишанин А.А. Использование зерна ржи при откорме свиней. / А.А. Мишанин. – Саратов, 2005. – 30 с.
20. Попов В. Рожь зернофуражная дефекты и эффекты / В. Попов // *Аграрный эксперт. – Крестьянин* – 2009. – № 2. – С. 68–72.
21. Sosulski F.W. Trypsin inhibitors and nutritive value in cereals / F.W. Sosulski, L.A. Minja, D.A. Christensen // *Plant Foods Hum. Nutr. Kluwer Academic* – 1988. – Vol. 38, № 1. – P. 23–34.
22. Aspinal G.O. Cereal gums. Part II. The constitution of an araboxylan from rye flour. / G.O. Aspinal, R.J. Sturgeon // *Chem. Soc. The Royal Society of Chemistry* – 1964. – № 0. – P. 4469–4471.
23. Bengtsson S. Isolation and chemical characterization of water –soluble arabinoxylans in rye grain / S. Bengtsson, P. Åman // *Carbohydr. Polym.* – 1990. – Vol. 12, № 3. – P. 267–277.
24. Bakker G.C.M. Non –starch polysaccharides in pig feeding / G.C.M. Bakker et al. // *Vet. Q.* – 1998. – Vol. 20, № 1998. – P. 59–64.
25. Girhammar U. Certain physical properties of water soluble non –starch polysaccharides from wheat, rye, triticale, barley and oats / U. Girhammar, B.M. Nair // *Food Hydrocoll. Elsevier Ltd.* – 1992. – Vol. 6, № 4. – P. 329–343.
26. Boros D. Extract Viscosity as an Indirect Assay for Water –Soluble Pentosan Content in Rye / D Boros et al. // *Cereal Chem. AAs* – 1993. – Vol. 70, № 5. – P. 575–580.
27. Van Soest P. J. Development of a Comprehensive System of Feed Analyses and its Application to Forages / P. J. Van Soest // *J. Anim. Sci. – Oxford University Press* – 1967. – Vol. 26, № 1. – P. 119–128.
28. Pettersson D. Effects of enzyme supplementation of diets based on wheat, rye or triticale on their productive value for broiler chickens / D. Pettersson, P. Åman // *Animal Feed Science and Technology.* – 1988. – Vol. 20, № 4. – P. 313–324.
29. Vinkx C.J.A. Rye (*Secale cereale* L.) Arabinoxylans: A Critical Review / C.J.A. Vinkx, J.A. Delcour // *J. Cereal Sci.* – 1996. – Vol. 24. – P. 1–14.
30. Зарипова Л.П. Корма Республики Татарстан: состав, питательность и использование / Л.П. Зарипова, Ф.С. Гибадуллина, Ш.К. Шакиров. – Казань: Фэн, 2010. – 272 с.
31. Лунегова И.В. Низкопентозановое зерно ржи – ценный концентрированный корм для животных / И.В. Лунегова, В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина // *Международный вестник ветеринарии.* – Санкт –Петербургская государственная академия ветеринарной медицины – 2014. – № 2. – С. 30–37.
32. Rosicka –Kaczmarek J. The influence of arabinoxylans on the quality of grain industry products / J. Rosicka – Kaczmarek et al. // *Eur. Food Res. Technol. Springer Berlin Heidelberg* – 2016. – Vol. 242, № 3. – P. 295–303.
33. Сысуев В.А. Направления и перспективы комплексных исследований по проблемам переработки зерна озимой ржи / В.А. Сысуев, Л.И. Кедрова, Н.К. Лаптева и др. // *Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии, переработка.* – Саратов: ГНУ НИИСХ Юго –Востока Россельхозакадемии – 2008. – С. 75–80.
34. Кобылянский В.Д. Теоретические основы селекции зернофуражной ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина // *Сельскохозяйственная биология.* – Москва: Редакция журнала «Сельскохозяйственная биология». – 2013. № 2. – С. 31–39.
35. Гильмуллина Л.Ф. Изучение вязких свойств водно –мучных экстрактов у сортов озимой ржи / Л.Ф. Гильмуллина, С.Н. Пономарёв, М.Л. Пономарёва // *Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка.* – Уфа: БашНИИСХ – 2009. – С. 114–116.
36. Кобылянский В.Д. Элементы технологии селекции сортов озимой ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне. / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина // *Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка.* – Екатеринбург: ГНУ Уральский НИИСХ Россельхозакадемии – 2012. – С. 20–24.
37. Kobylianskii V. Rye breeding for low water soluble pentosans and possibility of its use in animal feeding / V. Kobylianskii et al. // *International Conference on Rye Breeding and Genetics.* – Wrocław – 2015. – P. 51.
38. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. / Москва: ФГБНУ «Росинформагротех» – 2020. – Т. 1. – 680 с.
39. Кобылянский В. Д. Создание низкопентозановой ржи и возможности её использования на корм животным / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина, И.В. Лунегова // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.* – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» – 2017. – Т. 1, № 178. – С. 31–40.

40. Кобылянский В. Д. Изучение инновационной зернофуражной низкопентозановой озимой ржи / В.Д. Кобылянский, О.В. Солодухина, Г.Н. Потапова и др. // Пермский аграрный вестник. – Пермь: Пермский государственный аграрно –технологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова – 2014. – Т. 1, № 5. – С. 10–16.
41. Галимов К.А. Использование сортов озимой ржи (*secale cereale* L.) на фуражные цели на Среднем Урале / К.А. Галимов, Н.Н. Зезин, Г.Н. Потапова и др. // Кормопроизводство. – Москва: «Кормопроизводство» – 2016. – № 7. – С. 24–28.

### References in English

1. Zhuchenko A.A. Rozh. Strategicheskaya kultura v obespechenii prodovolstvennoj bezopasnosti Rossii v usloviyah globalnogo i lokalnogo izmeneniya pogodno –klimaticheskikh uslovij [Rye is a strategic grain crop for Russia's food security in conditions of global and local changes of weather and climate conditions]. / A.A. Zhuchenko. – Kirov: NIISH SeveroVostoka, 2009. – 52 p. [in Russian]
2. Tamonov A.M. Sideralnyj par pod kartofel [Green fallow as a basis for potatoes] / Tamonov A.M. // Vladimir agricolist. – 2016. – No. 2. – pp. 27–29 [in Russian]
3. Antropov V.I. Rastenievodstvo SSSR [Crop production USSR] / V.I. Antropov, V.P. Kuzmin, S.N. Pereverzev. – Leningrad; Moscow: Sovхозnoj i kolхозnoj literatury selhozgiz, 1933. – 127–172 p. [in Russian]
4. Kobylyanskij V.D. Kulturnaya flora SSSR. Rozh [Cultivated flora of the USSR. Rye] / V.D. Kobylyanskij, A.E. Korzun, A.G. Katerova et al. Leningrad: VIR, 1989. – Vol. II. – 368 p. [in Russian]
5. Ivanov A.P. Rozh [Rye]. / A.P. Ivanov. Moscow: “Selhozgiz”, 1961. – 303 p. [in Russian]
6. Gaganov A. Rezultaty opytov s novymi sortami rzhi na brojlerah [Results of experiments with new varieties of rye on broilers] / A. Gaganov, Z. Zverkova, L. Vinzhega // Kombikorma [Compound feed]. Moscow: Redakciya zhurnala “Kombikorma”. – 2014. – № 4. – P. 57–58. [in Russian]
7. GOST 26020 –83. Dvutavry stalnye gorjachekatanye s parallelnymi granjami polok. Sortiment [Hot –rolled steel I – beam with parallel flange edges. Dimensions]. – Introduced 1986–01–01. – M.: Standartinform, 2012. – 5 p. [in Russian]
8. Kilchevskij A.V. Geneticheskie osnovy selekcii rastenij [Genetic basis of plant breeding]. / A.V. Kilchevskij, L.V. Xotyleva. Minsk: Belorusskaya nauka, 2008. – Vol. I. – 551 p.
9. Ross A.B. Alkylresorcinols in Cereal Grains. / A.B. Ross. – Swedish University of Agricultural Science, 2003. – 20 p.
10. Wieringa G.W. On the occurrence of growth inhibiting substances in rye. / G.W. Wieringa. – Landbouwhogeschool, 1967. – 68 p.
11. Fernandez R. Fractionation of a chick growth depressing factor from rye. / R. Fernandez, E. Lucas, J. McGinnis // Poultr. Sci. Poultry Science Association – 1973. – Vol. 52, № 6. – P. 2252–2259.
12. Antoniou T. Influence of Rye Pentosans on the Growth of Chicks / T. Antoniou, R.R. Marquardt // Poultr. Sci. Poultry Science Association – 1981. – Vol. 60, № 8. – P. 1898–1904.
13. Ciccoritti R. Effect of 5 – n –alkylresorcinol extracts from durum wheat whole grain on the growth of fusarium head blight (FHB) causal agents / R. Ciccoritti R et al. // J. Agric. – Food Chem. – 2015. – Vol. 63, № 1. – P. 43–50.
14. Marentes –Culma R. Targeted metabolite profiling –based identification of antifungal 5 –n –alkylresorcinols occurring in different cereals against fusarium oxysporum / R. Marentes –Culma, L.L. Orduz –Díaz, E. Coy –Barrera // Molecules. – 2019. –Vol. 24, № 4.
15. Schlemmer U. Phytate in foods and significance for humans: Food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis / U. Schlemmer et al. // Mol. Nutr. Food Res. – 2009. – Vol. 53, № SUPPL. 2. – P. 330–375.
16. Vats P. Production studies and catalytic properties of phytases (myo –inositolhexakisphosphate phosphohydrolases): An overview / P. Vats, U.C. Banerjee // Enzyme Microb. Technol. – 2004. – Vol. 35, № 1. – P. 3–14.
17. Kumar V. General aspects of phytases / V. Kumar, A.K. Sinha // Enzymes in Human and Animal Nutrition: Principles and Perspectives. – Academic Press, 2018. – 53–72 p.
18. Gontzea I. Natural antinutritives substances in foodstuffs and forages. / I. Gontzea, P. Sutzescu – Basel: S. Karger – 1968. – 184 p.
19. Mishanin A.A. Ispolzovanie zerna rzhi pri otkorme svinej [The use of rye grain in fattening pigs]. / A.A. Mishanin. – Saratov, 2005. – 30 p. [in Russian]
20. Popov V. Rozh zernofurazhnaya defekty i efekty [Grain forage rye defects and effects] / V. Popov // Agrarnyj ekspert [Agricultural expert]. – Krestyanin – 2009. – № 2. – P. 68–72. [in Russian]
21. Sosulski F.W. Trypsin inhibitors and nutritive value in cereals / F.W. Sosulski, L.A. Minja, D.A. Christensen // Plant Foods Hum. Nutr. – Kluwer Academic – 1988. – Vol. 38, № 1. – P. 23–34.
22. Aspinall G.O. Cereal gums. Part II. The constitution of an araboxylan from rye flour. / G.O. Aspinall, R.J. Sturgeon // Chem. Soc. – The Royal Society of Chemistry – 1964. – № 0. – P. 4469–4471.
23. Bengtsson S. Isolation and chemical characterization of water –soluble arabinoxylans in rye grain / S. Bengtsson, P. Åman // Carbohydr. Polym. – 1990. – Vol. 12, № 3. – P. 267–277.
24. Bakker G.C.M. Non –starch polysaccharides in pig feeding / G.C.M. Bakker et al. // Vet. Q. – 1998. – Vol. 20, № 1998. – P. 59–64.
25. Girhammar U. Certain physical properties of water soluble non –starch polysaccharides from wheat, rye, triticale, barley and oats / U. Girhammar, B.M. Nair // Food Hydrocoll. – Elsevier Ltd. – 1992. – Vol. 6, № 4. – P. 329–343.
26. Boros D. Extract Viscosity as an Indirect Assay for Water –Soluble Pentosan Content in Rye / D Boros et al. // Cereal Chem. AA – 1993. – Vol. 70, № 5. – P. 575–580.
27. Van Soest P. J. Development of a Comprehensive System of Feed Analyses and its Application to Forages / P. J. Van Soest // J. Anim. Sci. – Oxford University Press – 1967. – Vol. 26, № 1. – P. 119–128.
28. Pettersson D. Effects of enzyme supplementation of diets based on wheat, rye or triticale on their productive value for broiler chickens / D. Pettersson, P. Åman // Animal Feed Science and Technology. – 1988. – Vol. 20, № 4. – P. 313–324.

29. Vinkx C.J.A. Rye (*Secale cereale* L.) Arabinoxylans: A Critical Review / C.J.A. Vinkx, J.A. Delcour // *J. Cereal Sci.* 1996. – Vol. 24. – P. 1–14.
30. Zaripova L.P. Korma Respubliki Tatarstan: sostav, pitatel'nost i ispolzovanie [Feed of the Republic of Tatarstan: composition, nutritional value and use] / L.P. Zaripova, F.S. Gibadullina, Sh.K. Shakirov. – Kazan: Fen., 2010. – 236 p. [in Russian]
31. Lunegova I.V. Nizkopentozanovoe zerno rzhi – cennyj koncentrirovannyj korm dlya zhivotnyh [Low –pentosan rye grain – a valuable concentrated animal feed] / I.V. Lunegova, V.D. Kobylyanskij, O.V. Soloduhina // *Mezhdunarodnyj vestnik veterenarii [International Veterinary Bulletin]*. – Sankt –Peterburgskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny – 2014. – № 2. – P. 30–37. [in Russian]
32. Rosicka –Kaczmarek J. The influence of arabinoxylans on the quality of grain industry products / J. Rosicka – Kaczmarek et al. // *Eur. Food Res. Technol.* Springer Berlin Heidelberg – 2016. – Vol. 242, № 3. – P. 295–303.
33. Sysuev V.A. Napravleniya i perspektivy kompleksnyh issledovanij po problemam pererabotki zerna ozimoj rzhi [Directions and prospects of integrated research on the problems of winter rye grain processing] / V.A. Sysuev, L.I. Kedrova, N.K. Lapteva et al. // *Ozimaya rozh: selekciya, semenovodstvo, tehnologii, pererabotka [Winter rye: breeding, seed production, technologies, processing]*. – Saratov: GNU NIISX Yugo –Vostoka Rossel'xozakademii – 2008. – P. 75–80. [in Russian]
34. Kobylyanskij V.D. Teoreticheskie osnovy selekcii zernofurazhnoj rzhi s nizkim sodержaniem vodorastvorimyh pentozanov [The theoretical basis of grain fodder rye breeding for low water soluble pentosans] / V.D. Kobylyanskij, O.V. Soloduhina // *Selskoxozyajstvennaya biologiya [Agricultural biology]*. – Moscow: Redakciya zhurnala “Selskoxozyajstvennaya biologiya” – 2013. – № 2. – P. 31–39. [in Russian]
35. Gilmullina L.F. Izuchenie vyazkix svojstv vodno –muchnyh ekstraktov u sortov ozimoj rzhi [Study of the viscous properties of water –flour extracts in varieties of winter rye] / L.F. Gil'mullina, S.N. Ponomaryov, M.L. Ponomaryova // *Ozimaya rozh: selekciya, semenovodstvo, tehnologii i pererabotka [Winter rye: breeding, seed production, technologies and processing]*. – Ufa: BashNIISX – 2009. – P. 114–116. [in Russian]
36. Kobylyanskij V.D. Elementy tehnologii selekcii sortov ozimoj rzhi s nizkim sodержaniem vodorastvorimyx pentozanov v zerne [Elements of breeding technology for winter rye varieties with a low content of water –soluble pentosans in grain.]. / V.D. Kobylyanskij // *Ozimaya rozh: selekciya, semenovodstvo, tehnologii i pererabotka [Winter rye: breeding, seed production, technologies and processing]*. – Ekaterinburg: GNU Uralskij NIISX Rossel'xozakademii – 2012. – P. 20–24. [in Russian]
37. Kobylyanskij V. Rye breeding for low water soluble pentosans and possibility of its use in animal feeding / V. Kobylyanskij et al. // *International Conference on Rye Breeding and Genetics*. – Wrocław – 2015. – P. 51.
38. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushhennyh k ispolzovaniyu [State register of selection achievements approved for use.]. – Moskva: FGBNU “Rosinformagrotex” – 2020. – Vol. 1. – 680 p. [in Russian]
39. Kobylyanskij V. D. Sozdanie nizkopentozanovoj rzhi i vorzmozhnosti eyo ispolzovaniya na korm zhivotnym [Creation of low –pentosan rye and the possibility of its use for animal feed] / V.D. Kobylyanskij, I.V. Lunegova, O.V. Soloduhina // *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii [Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding]*. Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe nauchnoe uchrezhdenie “Federalnyj issledovatel'skij centr Vserossijskij institut geneticheskix resursov rastenij imeni N.I. Vavilova” – 2017. – Vol. 1 – № 178 – P. 31–40. [in Russian]
40. Kobylyanskij V. D. Izuchenie innovacionnoj zernofurazhnoj nizkopentozanovoj ozimoj rzhi [Study of innovative grain –feed low –pentosan winter rye] / V.D. Kobylyanskij, O.V. Soloduhina, G.N. Potapova et al. // *Permskij agrarnyj vestnik [Perm agrarian bulletin]*. – Perm: Permskij gosudarstvennyj agrarno –tehnologicheskij universitet im. akad. D.N. Pryanishnikova – 2014. – Vol. 1, № 5. – P. 10–16. [in Russian]
41. Galimov K.A. Ispolzovanie sortov ozimoj rzhi (*secale cereale* L.) na furazhnye celi na Srednem Urale [Use of varieties of winter rye (*secale cereale* L.) for fodder purposes in the Middle Urals] / K.A. Galimov, N.N. Zezin, G.N. Potapova et al. // *Kormoproizvodstvo [Feed production]*. Moscow: “Kormoproizvodstvo” – 2016. – № 7. – P. 24–28. [in Russian]