

Растениеводство

УДК 633.14: 664.64.016.8

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-1-3-11

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМОЙ РЖИ
ПО КРУПООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ**

А.А. Гончаренко, академик РАН, **А.В. Макаров**, **М.А. Кузьмич**, доктора сельскохозяйственных наук,
С.А. Ермаков, **Т.В. Семенова**, **В.Н. Точилин**, **Н.В. Цыганкова**,
М.С. Гончаренко, **Л.С. Кузьмич**, кандидаты сельскохозяйственных наук,
Н.А. Яшина, **О.А. Крахмалева**,
О.П. Кондратьева

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»,
143026, Московская область, Одинцовский район, ул. Калинина, 1
E-mail: goncharenko05@mail.ru

Целью исследований было изучение крупнообразующей способности различных сортов озимой ржи и выявление специфических сортовых признаков, положительно влияющих на крупяные свойства. Объектом изучения послужили 14 сортов озимой ржи, различающиеся по ряду морфо-биологических и технологических свойств зерна. Сорта выращивали на полях исследовательского центра «Немчиновка» в 2015-2018 гг. Погодные условия в период налива и созревания зерна сильно варьировали, что позволило оценить их влияние на выход ржаной крупы и ее качество. Крупнообразующую способность изучали путем шелушения и шлифования целого зерна на лабораторном голландере фирмы SATAKE (Япония) без процедуры дробления. Учитывали выход цельноядерной крупы трех фракций (№1, №2 и №3), а также выход дробленого ядра и мучки. Суммируя фракции №1, №2 и №3, определяли общий выход цельной крупы (%), который служил показателем крупнообразующей способности сорта. Итоговую оценку изучаемых сортов проводили в сравнении с сортом-стандартом Валдай. Средний выход цельноядерной крупы составил 69,0%, а оценки по сортам – 64,6-73,5%. Сорт-стандарт Валдай существенно (на 4,6-7,1%) превзошли 5 сортов: Альфа, Белозерная 785, Московская 15, ГК-494 и Желтозерная 760. Особого внимания заслуживает сорт Альфа, который выделялся на фоне других высоким числом падения. Показано, что именно это свойство стало причиной высокого выхода цельноядерной крупы у данного сорта (73,5%). Высокий выход крупы отмечен также у сортов Белозерная 785 и Желтозерная 760, имеющих белую и желтую окраску зерна. Крупа из этих сортов по цвету сходна с пшеничной, что повышает ее потребительские свойства. Наиболее низкий общий выход крупы имел сорт ГК-985 (64,6%), что объясняется высоким выходом дробленого ядра (13,9%). Сорта с высоким общим выходом крупы имели самый низкий процент дробленого (битого) ядра (5,6-6,9), а сорта с очень низкой крупнообразующей способностью – самый высокий процент (11,2-13,9). Процедура шелушения зерна существенно влияла на число падения, содержание белка и крахмала у выходных продуктов. В цельноядерной крупе число падения достоверно повышалось, а содержание белка и крахмала – снижалось. Установлено, что общий выход цельноядерной крупы в значительной степени зависит от генотипа сорта ($H^2=0,94$) и относительно слабо модифицируется погодными условиями. Сделано заключение, что признак крупнообразующей способности у ржи тесно связан с прочностными характеристиками зерновки и устойчивостью сорта к полеганию. Представлена модель сорта ржи с высокими крупнообразующими свойствами, обсуждены перспективы селекции в этом направлении.

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF VARIETIES
OF WINTER RYE ON GROATS FORMING ABILITY**

Goncharenko A.A., **Makarov A.V.**, **Kuzmich M.A.**, **Ermakov S.A.**,
Semenova T.V., **Tochilin V.N.**, **Tsygankova N.V.**, **Goncharenko M.S.**, **Kuzmich L.S.**,
Yashina N.A., **Krahmaleva O.A.**, **Kondrateva O.P.**

Federal Research Center «Nemchinovka»,
143026, Moskovskaya oblast, Odinzovskij rajon, ul. Kalinina, 1
E-mail: goncharenko05@mail.ru

Important problem of winter rye is the narrow range of the products made from it. The study of groats forming ability of different varieties of winter rye and detection of the specific varietal traits positively influencing a groats output was the purpose of researches. 14 varieties of winter rye differing on a row of morfo-biological and technological properties of grain served as an object of a study. The varieties grew up on fields of research center of Nemchinovka in 2015-2018. Weather conditions during filling and maturing of grain strongly varied that allowed to estimate their influence on an output of rye groats and its quality. The groats forming ability was studied by a peeling and grinding of the whole grain on a laboratory gollender of SATAKE (Japan) without procedure of crushing. Considered an output of whole kernel groats of three fractions (No. 1, No. 2 and No. 3), and also an output of a shredded kernel and a muchka. Adding fractions No. 1, No. 2 and No. 3, defined the total output of whole groats (in %) which served as an index of groats forming ability of a variety. Total assessment of the studied varieties was carried out in comparison with a variety Valdai. The average output of whole kernel groats made 69,0%, and estimates on varieties varied from 64,6% to 73,5%. The Valdai standard significantly (on 4,6-7,1%) was exceeded by 5 varieties: Alpha, Belozernaya 785, Moscow 15, GK-494 and Zheltozernaya 760. The special attention is deserved by a variety of Alpha, which was selected against the background of others with high number of falling. It is considered that this property was the reason of a high output of whole kernel groats at this variety (73,5%). The high output of groats was shown also by varieties of Belozernaya 785 and Zheltozernaya 760 having a white and yellow colour of grain. Groats from these varieties on colour is similar with wheat that is perceived by a customer positively. The lowest total output of groats had variety GK-985 (64,6%) that is explained by a high output at it a shredded kernel (13,9%). The varieties s with a high total output of groats had the lowest percent of a shredded (beaten) kernel (5,6 - 6,9%), and varieties with very low groats forming ability - the highest percent (11,2-13,9%). The procedure of a peeling has significant effect on falling number, protein content and

starch. In whole kernel groats the falling number authentically increases, and protein content and starch - decreases. It is set that the total output of whole kernel groats substantially depends on a variety genotype ($H^2=0,94$) and it is rather poorly modified by weather conditions. The conclude is made that the trait of groats forming ability at rye is tightly connected to strengthening characteristics of a kernel and resistance of a variety to lodging. The rye variety model with high groats forming properties is outlined, the prospects of breeding in this direction are discussed.

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, шелушение, цельнозерновая крупа, общий выход крупы, крупнообразующая способность

Key words: winter rye, variety, peeling, whole kernel groats, total output of groats, groats forming ability

В настоящее время рожь – единственная зерновая культура, из которой не вырабатывают крупу. Между тем по медицинским нормам потребления хлебных продуктов рожь должна составлять не менее 30%, что соответствует 40 кг/год на душу населения. Фактически же этот показатель в нашей стране в 2,5 раза ниже – 15 кг/год [1]. Проблема низкого потребления зерна этой культуры в значительной степени обусловлена ограниченным ассортиментом производимых из нее продуктов. Освоение промышленного производства ржаной крупы может быть экономически целесообразным и выгодным [2]. Оно позволит существенно расширить сферу его потребления и улучшить рацион здорового питания людей. К тому же зерно ржи достаточно дешевое, розничная цена ржаной крупы будет относительно низкой. Немаловажно и то, что ржаная крупа в сравнении с ржаной мукой обладает большей пищевой и биологической ценностью, содержит больше пищевой клетчатки, макро- и микроэлементов [3].

Задачу расширения ассортимента продуктов из зерна ржи за счет выработки крупы пытались решить давно. Еще в 1892 г. К. Вебер [4] в книге «Мукомольное дело» рассмотрел режимы работы вальцевых станков «специально для размола ржи на крупу» и предложил относительно простой способ получения ржаной крупы – отбирать дробленые ядра на первых драных системах мельниц ржаного помола. Затем в технологический процесс крупяного производства были включены такие операции, как шелушение и шлифование, для более полного отделения покрывающих оболочек от целого зерна. Шелушенное и шлифованное зерно быстрее разваривается, его пищевая ценность становится выше, чем целого зерна, из которого она выработана [5,6]. Было отмечено положительное влияние шелушения зерна на ферментативный гидролиз ржаного крахмала. Оказалось, что даже частичное шелушение зерна ржи (до 5% от общей массы) улучшает его микробиологические характеристики, снижает энергозатраты при получении качественных сортовых помолов, повышает ферментативную атакуемость крахмала [7].

Шелушение зерна – важный этап крупяного производства, определяющий качество и выход готового продукта [8]. В идеальном случае в результате шелушения исходное не шелушенное зерно должно превратиться в две фракции: цельнозерновую крупу и «шелуху», состоящую из снятых оболочек. Поэтому на выход крупы и ее качество влияют два фактора: технология шелушения и физико-механические, технологические и биохимические свойства перерабатываемого зерна. В последнем случае это связано с особенностями морфо-анатомического строения зерновки, ее формы, крупности, окраски, толщины и прочности связи покрывающих оболочек с ядром, прочности самого ядра [9]. Важным показателем структурно-механических свойств зерновки служит ее твердозерность, которая отражает особенности измельчения зерна и зависит от структуры и прочности эндосперма. Известно, что зерновка ржи отличается от пшеницы по многим свой-

ствам, прежде всего по форме, длине и толщине, глубине бороздки. Она более пластична, что объясняется менее плотной структурой эндосперма. В сравнении с другими крупяными пленчатыми культурами (овес, ячмень, рис) плодовая и семенная оболочки, а также алейроновый слой и зародыш у ржи менее прочно связаны с эндоспермом зерновки и для их отделения требуются меньшие физические усилия. Вследствие высокого содержания некрахмальных полисахаридов (пентозанов), характеризующихся высокой водопоглощающей способностью, эндосперм и покрывающие его оболочки более мягкие, что усложняет технологию переработки ржи в муку и крупу [10]. По этой же причине рожь отличается сравнительно низкой твердозерностью, высоким коэффициентом шелушения и относительно низким коэффициентом целостности ядра [11]. Отсюда вытекает основное требование к крупяной культуре – сравнительно твердый эндосперм и высокий выход неповрежденных ядер при шелушении. Это имеет значение и при шелушении овса [12], ячменя [13], пшеницы [14], риса [15].

В последние годы появились исследования, показывающие, что при влаготепловой обработке зерна ржи можно вырабатывать качественную крупу и муку с довольно высоким общим выходом [16]. Большой интерес представляет технология производства крупы из зерна ржи, разработанная во Всероссийском НИИ зерна и продуктов его переработки [17, 18]. Она исключает термообработку зерна и близка к традиционным технологиям выработки крупы из ячменя и пшеницы. Общий выход ржаной крупы по этой технологии составляет 70% при распределении по трем номерам крупности соответственно 25, 25 и 20% и выходе мучного продукта 15%. Для сравнения средний выход рисовой крупы составляет 65%, гречневой – 67%, овсяной и перловой – 45% [19].

Благодаря новым технологическим разработкам в последнее время в продаже появились новые диетические изделия из зерна ржи, в состав которых входит цельное ржаное зерно (крупы «Терра», «Диамарт» и другие). Однако их производят из зерна хлебопекарной ржи, специализированных сортов ржи для крупяного производства нигде в мире не создано. Поэтому особый интерес представляет изучение пригодности различных сортов ржи для процедуры шелушения и в конечном итоге для технологии крупяного производства. Выявление специфических сортовых признаков и свойств, положительно влияющих на крупнообразующий потенциал ржи, представляет большой научный и практический интерес. Какие-либо данные по этому вопросу в научной литературе отсутствуют.

Целью наших исследований было сравнительное изучение крупнообразующей способности различных сортов озимой ржи и научное обоснование возможности целенаправленного улучшения крупяных свойств зерна ржи методами селекции.

Методика. Исходным материалом послужили 14 сортов озимой ржи, подобранных с таким расчетом,

чтобы они различались по ряду морфо-биологических и технологических свойств зерна. В группу сортов с рецессивно-полигенным типом короткостебельности вошли 9 сортов (Альфа, Валдай, Московская 12 (Мос-12), Московская 15 (Мос-15), Московская 18 (Мос-18), Б/З-785, Ж/З-760, ГК-494, ГК-614) и 5 сортов с доминантно-моногонным типом (Крона, Татьяна, Грань, Парча, ГК-985). Изучаемые сорта проходили сравнительные испытания на опытном поле Федерального исследовательского центра «Немчиновка» в 2015-2018 гг. на делянках 12 м² в 4-кратной повторности. Погодные условия в период налива и созревания зерна сильно варьировали, что позволило выявить сортовые особенности по широкому спектру признаков. Наиболее высокую урожайность (7,0-7,5 т/га) эти сорта сформировали в 2015 и 2016 гг., когда сложились благоприятные условия для перезимовки растений, а в июне-июле удерживалась теплая и умеренно влажная погода, полегания посевов не наблюдалось. Относительно низкая урожайность (5,0-6,0 т/га) получена в 2017 г. из-за сильного полегания посевов в период колошения и плохих условий для переопыления растений. Различные погодные условия в период вегетации ржи стали причиной сильного варьирования других признаков: массы 1000 зерен (30,5-35,5 г), натуре зерна (716-733 г/л), числа падения (141-270 с), вязкости водного экстракта – ВВЭ (4,3-5,3 сП), содержания белка (10,9 -13,4 %) и крахмала (51,4-56,6 %) в зерне. Наиболее высокую экспрессию

признаков имели следующие сорта: по натуре зерна – сорт Мос-15 (742 г/л), массе 1000 зерен – Мос-12 (35,5 г), числу падения – Альфа (250 с), ВВЭ – ГК-494 (9,2 сП), содержанию белка – ГК-614 (13,2%), содержанию крахмала – Б/З-785 (55,5%). Наиболее низкие оценки по этим признакам были у сортообразца ГК-614, прошедшего длительную селекцию на низкую ВВЭ. Его зерно характеризовалось не только низкой ВВЭ (2,3 сП), но и самой низкой натурой зерна (689 г/л), массой 1000 зерен (28,9 г), числом падения (158 с) и содержанием крахмала (53,2 %). Альтернативой этому сортообразцу стала популяция ГК-494, длительное время селектировавшаяся на высокие хлебопекарные качества. Кроме высокой ВВЭ (9,2 сП), она выделяется высоким числом падения (223 с) и высоким содержанием белка в зерне (12,6%).

Крупнообразующую способность изучаемых сортов ржи анализировали путем выработки трехмерной крупы из целого зерна без процедуры дробления. Шелушение и шлифование осуществляли на лабораторном голлендере Grain Testing Mill фирмы SATAKE (Япония). Для этого от каждого сорта брали две пробы предварительно очищенного от примесей зерна массой 50 г. Частота вращения шлифовального диска составляла 600 мин⁻¹, время шелушения – 5 мин. Такой режим был подобран эмпирически на образце зерна сорта Валдай, взятого в качестве стандарта для того, чтобы обеспечить максимально высокий коэффициент шелуше-

Табл. 1. Количественная оценка (%) продуктов шелушения зерна у различных сортов озимой ржи (среднее за 2015-2018 гг.)

Сорт	Фракция цельнозерновой крупы			Дробленое ядро	Мучка	Общий выход цельнозерновой крупы	± от стандарта
	№1	№2	№3				
Валдай – стандарт	18,5	39,6	8,4	10,8	22,7	66,4±1,50	-
Альфа	21,7	45,8	6	5,6	20,9	73,5±0,80	7,1*
Б/З -785	24,3	41	6,8	6,2	21,7	72,1±0,46	5,7*
Мос-15	25,6	39,1	7,2	6,9	21,2	71,9±1,12	5,5*
ГК- 494	13,4	50,7	7	6,2	22,7	71,1±0,88	4,7*
Ж/З -760	26,1	37,7	7,2	7	22	71±1,12	4,6*
Грань	23,5	38,3	8,5	8	21,7	70,3±1,23	3,9
Крона	21,3	39,2	8,6	7,9	23	69,1±0,86	2,7
Парча	19,4	39,8	9,3	9,3	22,2	68,5±1,20	2,1
Татьяна	20,7	37,8	9,3	9,6	22,6	67,8±1,54	1,4
Мос-12	15,7	43,6	7,8	11,2	21,7	67,1±1,48	0,7
ГК- 614	14,1	44,4	8,1	8,4	25	66,6±0,95	0,2
Мос-18	16,8	40,2	8,9	12,4	21,7	65,9±1,12	-0,5
ГК-985	20,1	34,4	10,1	13,9	21,5	64,6±0,31	-1,8
Среднее:	20,1±1,1	40,8±1,3	8,1±0,3	8,8±0,8	22,2±0,3	69,0±0,62	

* Отклонение от стандарта существенно при 5 % -ном уровне значимости.

ния (90%) при минимально низком выходе дробленого ядра (10%). После шелушения полученный продукт в течение 1 мин просеивали на приборе РП1-МТ через металлические сита с размером отверстий 2,5 x 20 мм, 2,0 x 20 мм и 1,5 x 20 мм. Сход с этих сит давал цельноядерную крупу трех фракций: №1 – крупная, №2 – средняя и №3 – мелкая. В составе оставшихся продуктов шелушения учитывали дробленое ядро (проход сквозь сито 1,5 мм) и мучку. Выход каждой фракции определяли в процентах по каждой пробе, а затем из двух проб вычисляли среднюю. Суммируя фракции №1, №2 и №3, получали общий выход цельноядерной крупы, который служил основным показателем крупообразующей способности сорта. Итоговую оценку изучаемых сортов проводили в сравнении с сортом-стандартом Валдай. Для качественной характеристики наиболее крупных по массе фракций №1 и №2 по каждому сорту определяли число падения, а также содержание в них белка и крахмала на инфракрасном спектрофотометре Spectra Star 2400, а число падения измеряли в секундах (с) на приборе Хагберга-Пертена.

Результаты и обсуждение. Количественная оценка всех выходных продуктов шелушения зерна представлена в табл.1. В целом по опыту средний выход цельноядерной крупы составил 69,0% от массы не

шелушенного зерна с колебаниями по сортам от 64,6 до 73,5%. По этому показателю сорт-стандарт Валдай существенно превосходили 5 сортов: Альфа, Белозерная 785, Мос-15, ГК-494 и Желтозерная 760. По крупообразующей способности они на 4,6-7,1% были лучше стандарта. Особого внимания заслуживает сорт Альфа, ранее отселектированный нами на высокое число падения. Мы полагаем, что именно это свойство стало причиной высокого выхода цельноядерной крупы (73,5%). Остальные сорта находились на уровне стандарта, причем в эту группу вошли все сорта с доминантно-моногонным типом короткостебельности. Наиболее низкий выход трехномерной крупы имел сортообразец ГК-985 (64,6%), что объясняется высоким выходом дробленого ядра (13,9%).

В структуре цельноядерной крупы доминирующей была крупа №2 (40,8%), тогда как выход самой крупной фракции (№1) оказался ниже этого уровня в 2 раза, а самой мелкой (№3) фракции – в 5 раз. Суммарная доля побочных продуктов шелушения составила 31,0%, из них мучка – 22,2%, дробленое (битое) ядро – 8,8%. Следует отметить большую разницу в межсортном варьировании этих продуктов. Наименьший коэффициент вариации выявлен для суммарного выхода трехномерной крупы ($C_v=3,9\%$), а наибольший – для фракции

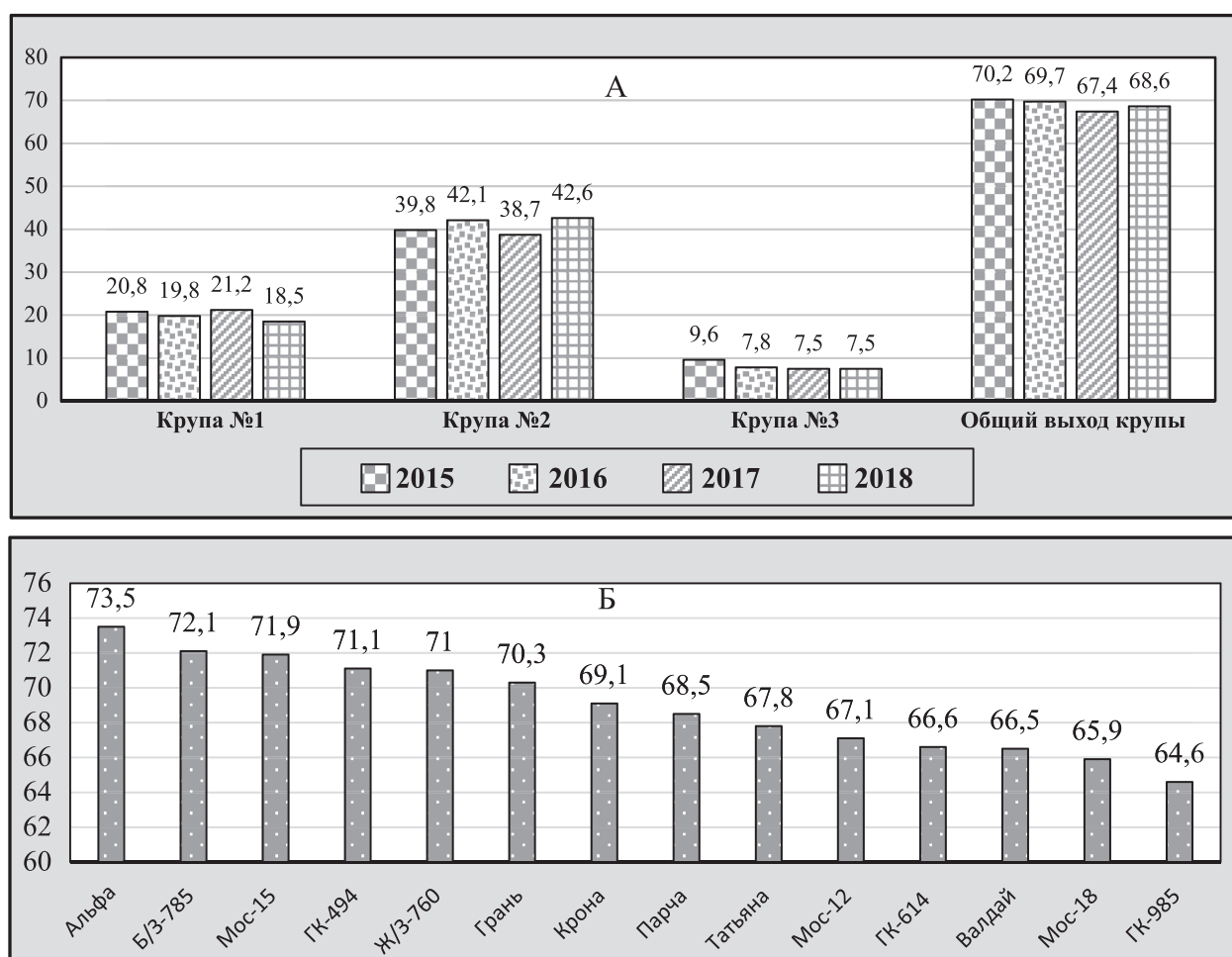


Рис.1. Общий выход (%) крупы из зерна различных сортов озимой ржи под влиянием погодных условий года (А) и генотипа сорта (Б), 2015-2018 гг.

дробленого ядра ($C_v=28,5\%$). Сорта с высоким выходом целого ядра (Альфа, Б/З-785, Мос-15) имели самый низкий процент дробленого ядра (5,6-6,9%), тогда как сорта с низкой крупобразующей пригодностью (Мос-12, Мос-18, ГК-985) – самый высокий (11,2-13,9%). Из этого следует, что процент выхода дробленого ядра при шелушении может служить надежным показателем для дифференциации сортов по крупобразующей способности.

Особый интерес представляет влияние погодных условий в период налива зерна на крупобразующий потенциал сорта. Наши данные показывают, что признак крупобразующей способности в большей степени зависит от генотипа сорта и относительно слабо модифицируется погодными условиями (рис. 1). Самый низкий общий выход крупы (68,6%) получен в 2017 г. в условиях раннего и сильного полегания посевов в период колошения. Наиболее высокий общий выход крупы был из зерна урожая 2015 г. (70,2%), когда сильного полегания не отмечено. В целом размах варьирования выхода крупы по годам составил 2,8%, тогда как размах варьирования по сортам был в 3 раза выше (8,9%). Дисперсионный анализ подтвердил высокую долю генотипической дисперсии в фенотипическом варьировании этого признака ($H^2=0,94$ при достоверности $F=71,3 \geq F_{05}=2,4$). Из этого следует, что выявленные нами межсортовые различия по крупобразующей

Табл. 2. Коэффициенты корреляции между продуктами шелушения зерна озимой ржи (по средним данным за 2015-2018 гг., n=14)

Продукт шелушения	Крупа №1	Крупа №2	Крупа №3	Дробленое ядро	Мучка	Общий выход крупы
Крупа №1	-	-0,59*	-0,19	-0,35	-0,53*	0,53*
Крупа №2		-	-0,63*	-0,48	0,23	0,36
Крупа №3			-	0,80**	0,20	-0,82**
Дробленое ядро				-	-0,01	-0,93**
Мучка					-	-0,37

* и ** Коэффициенты достоверны соответственно при 5- и 1%-ном уровне значимости.

Табл. 3. Оценка не шелушенного зерна и цельнозерновой крупы № 1 и № 2 по числу падения, содержанию белка и крахмала (среднее за 2015-2018 гг.)

Сорт	Число падения, с				Белок, %				Крахмал, %			
	исходное зерно	крупа №1	крупа №2	разность №1- №2	исходное зерно	крупа №1	крупа №2	разность №1- №2	исходное зерно	крупа №1	крупа №2	разность №1- №2
Альфа	250	383	386	-3	12,2	10,2	9,9	0,3	54,0	52,0	52,5	-0,5
ГК-494	223	289	245	44	12,6	10,8	9,9	0,9	53,6	51,5	52,6	-1,1
Мос-15	176	284	299	-15	11,8	10,5	9,9	0,6	54,7	52,5	52,4	0,1
Б/З-785	206	283	315	-32	11,5	10,3	9,7	0,6	55,5	52,2	51,8	0,4
Мос-12	238	266	326	-60	12,1	11,7	10,8	0,9	54,0	51,2	52,5	-1,3
Ж/З- 760	195	252	294	-42	11,2	9,8	8,8	1	53,2	51,6	52,6	-1,0
Грань	177	244	274	-30	10,7	9,6	8,7	0,9	54,1	52,2	53,3	-1,1
Крона	172	240	284	-44	11,5	9,5	9,1	0,4	53,8	52	53,2	-1,2
ГК-614	158	237	214	23	13,2	12,0	11,2	0,8	53,3	50	51,2	-1,2
Мос-18	204	224	222	2	12,0	10,1	9,7	0,4	55,1	52,6	53,8	-1,2
Валдай	188	222	219	3	11,8	10,3	10,0	0,3	54,5	50,9	52,8	-1,9
Татьяна	172	219	226	-7	11,2	10,9	10,4	0,5	54,2	51,3	51,1	0,2
Парча	174	210	217	-7	11,2	9,9	9,2	0,7	53,4	51,9	52,7	-0,8
ГК-985	172	144	144	0	11,1	9,5	9,2	0,3	54,2	52,7	53,5	-0,8
Среднее	192±7	250±14	262±16	-12	11,7±0,18	10,4±0,20	9,8±0,19	0,6*	54,1±0,18	51,7±0,20	52,6±0,21	-0,9*

* Разность между средними достоверна при 5 %-ном уровне значимости.

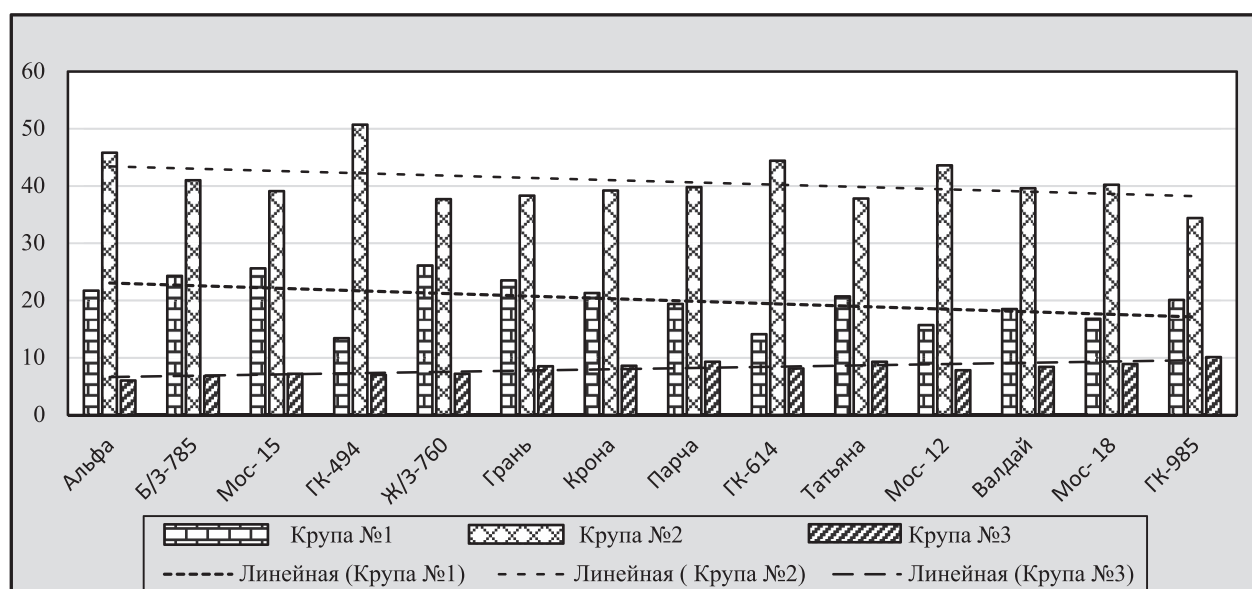


Рис. 2. Фракционный выход (%) крупы из зерна различных сортов озимой ржи, 2015-2018 гг.

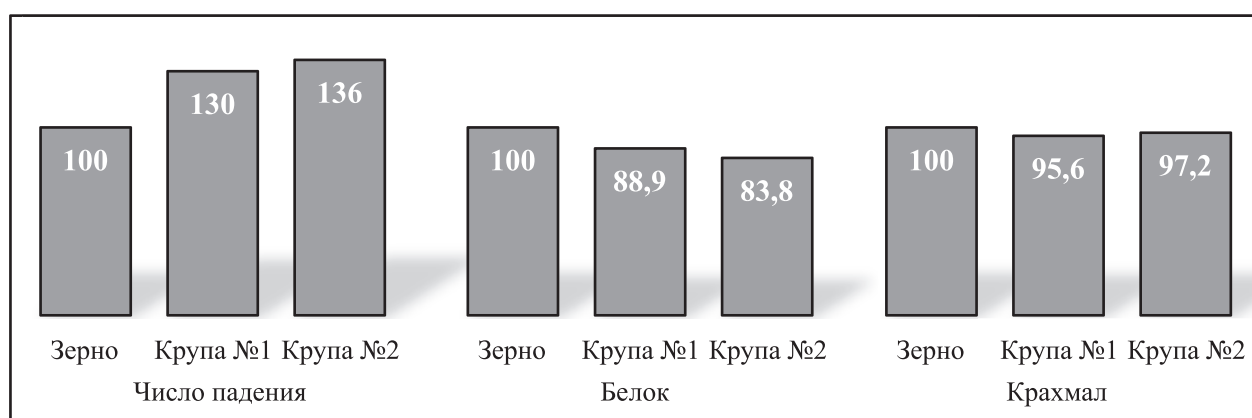


Рис. 3. Показатели качества двух фракций цельнозерновой крупы (%) под влиянием шелушения (показатели не шелушенного зерна приняты за 100%); среднее по 14 сортам, 2015-2018 гг.

способности наследственно обусловлены и их можно улучшить методами селекции.

Сравнительная оценка сортов по фракционному выходу крупы представлена на рис.2. У всех сортов основным компонентом цельнозерновой крупы была фракция №2, доля которой составила в среднем 40,8% (с вариацией по сортам от 34,4 до 50,7%), на долю фракции №1 (13,4-26,1%) приходилось 20,1% и №3 (6,0-10,1%) – 8,1%. Как видно, основным продуктом шелушения была средняя по крупности фракция №2. Однако не все сорта с высоким общим выходом крупы имели высокий выход именно этой фракции. Таковыми оказались сорта Желтозерная 760, Мос-15 и Белозерная 785, у которых выход этой фракции был на уровне средней по опыту и составил соответственно 37,7; 39,1 и 41,0%. В то же время к сортам с низкой крупнообразующей способностью можно отнести генотипы с довольно высоким выходом крупы №2. Таковыми оказались сорта Мос-12 (43,6%), ГК-614 (44,4%), Мос-18 (40,2%). Следовательно, высокий выход крупы №2 не может служить показателем высокой крупнообразу-

ющей способности сорта. Проведенный корреляционный анализ подтвердил это заключение (табл. 2). Данные показывают, что лучшим показателем крупнообразующей способности может быть выход дробленого ядра ($r = -0,93$).

Почти прямая и отрицательная зависимость этих признаков позволяет сделать вывод о том, что высокая дробимость зерна ржи в процессе шелушения – самое нежелательное свойство. Низкий выход мелкозерной крупы №3 также может служить индикатором высокого крупнообразующего потенциала сорта ($r = -0,82$). В какой-то мере в селекции на крупнопригодность можно ориентироваться по процентному выходу наиболее крупнозерной фракции №1 ($r = 0,53$), однако следует иметь в виду, что высокая крупнозерность при шелушении может стать причиной повышенной дробимости зерна.

Проведенный коррелятивный анализ не выявил достоверной связи основных крупнообразующих признаков с массой 1000 зерен у изучаемых сортов. Однако с числом падения, содержанием белка и крахмала в зерне

такая связь отмечена, что побудило нас провести сравнительную оценку исходного (не шелушенного) зерна с крупами №1 и №2 по перечисленным признакам. Результаты показывают, что процесс шелушения существенно влияет на технологические свойства основных выходных продуктов (табл.3). В сравнении с исходным (не шелушенным) зерном число падения в цельноядерных фракциях №1 и №2 достоверно повышается (соответственно на 30-36%), а содержание белка и крахмала – снижается (соответственно на 11,1-16,2 и 2,8- 4,4%) (рис.3). При шелушении зерна в первую очередь удаляются плодовая и семенная оболочки, а также алейроновый слой и часть зародыша, в которых концентрация амилотических ферментов и белка наиболее высока. В наших опытах число падения увеличивалось у всех сортов и во всех фракциях крупы, причем у фракции №2 сильнее, чем у фракции №1. Исключение составили сортообразцы ГК-494 и ГК-614, отселектированные на высокую и низкую ВВЭ, характеризующиеся относительно низкой мелкозерностью и высокобелковостью, которые в совокупности препятствовали полному удалению богатых амилотическими ферментами и белком оболочек. В результате эффект шелушения по числу падения для фракции №2 был ниже, чем для фракции №1. По содержанию белка и крахмала значимых сортовых различий в реакции на шелушение не выявлено. Однако важно отметить, что высокое содержание белка и крахмала играет положительную роль в крупобразовании ржи.

Сортообразцы Белозерная 785 и Желтозерная 760, имеющие соответственно белую и желтую окраску зерна, оказались в числе лучших по крупобразующей способности неслучайно. Вероятной причиной этого стала более плотная структура плодовой и семенной оболочек, каждая из которых состоит из двух слоев толстостенных клеток, которые более тесно соприкасаются друг с другом, усиливая твердозерность зерновки. Немаловажно и то, что крупа из этих сортов по цвету сходна с пшеничной, что повышает ее потребительские свойства.

В связи с этим важно сопоставить эффект влияния зеленозерности. В наших опытах таким свойством обладал только один сорт – Мос-18, который характеризовался очень низким общим выходом цельноядерной крупы (65,9%) и высоким – дробленого ядра (12,4%). Можно сделать вывод: признак зеленой окраски зерна отрицательно связан с крупобразующей способностью, что можно объяснить сильной крупнозерностью, а также рыхлой структурой крахмалистого эндосперма.

Таким образом, экспериментально доказано, что между сортами озимой ржи существуют достоверные различия по крупобразующей способности. Выявлены специфические признаки, положительно влияющие на выход цельноядерной крупы у ржи. В основе этой специфики лежат различия по физико-механическим, технологическим и биохимическим свойствам зерновки. Крупяные свойства в значительной степени определяются прочностными характеристиками зерна и высоким числом падения. Они генетически обусловлены и высоко наследуются. Экспериментально доказано, что индикатором высокой крупобразующей пригодности у ржи может служить низкий выход дробленого ядра. Этот показатель отрицательно коррелирует с общим выходом цельноядерной крупы. Важно, что процедура шелушения повышает число падения у крупноядерных фракций крупы и тем самым улучшает технологические свойства выходных продуктов.

Степень пригодности сорта для шелушения зависит от анатомического строения зерновки, главным образом от прочности связей плодовой и семенной оболочек с ядром и прочности самого ядра. Результаты исследований позволяют выработать основные требования к сортам ржи с высокими крупяными качествами. К ним относятся умеренная крупнозерность, плотная консистенция зерновки, высокая натура зерна, высокое число падения, повышенное содержание белка и крахмала в зерне, белая или желтая окраска зерна, низкий выход битого ядра при шелушении. Непременным свойством крупяного сорта культуры должна быть высокая устойчивость к полеганию. В совокупности все эти признаки положительно влияют на крупобразующий потенциал сорта. По нашему мнению, методами селекции можно существенно улучшить сорта ржи по крупобразующей способности и тем самым расширить сферу переработки зерна этой культуры для пищевого использования.

Литература

1. Чиркова Л.В. Рожь – добрый резерв питания // В сб. «Иновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд». – М., 2015. – С. 243-252.
2. Панкратьева И.А., Политуха О.В., Сокол Е.Н., Чиркова Л.В. Рожь – благодатное крупяное сырье // *Хлебопродукты*. – 2015. – №2. – С. 54-55.
3. Козлова Т.С., Марзаева М.Х. Разработка технологии новых продуктов переработки ржи // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2009. – №1. – С.31-33.
4. Вебер К. Мукомольное дело. Руководство к устройству мукомольных и крупяных мельниц при конных, ветряных, водяных и паровых двигателях и производство мучных продуктов. 2-е изд. – С.-Пб.: Изд. А.Ф.Девриена. – 1892. – 602 с.
5. Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.М. Технология муки, крупы и комбикормов. – М.: Колос. – 1984. – 376 с.
6. Мельников Е. М. Эффективность процессов крупяного производства // *Хлебопродукты*. – 1998. – №7. – С.22-24.
7. Крикунова Л.Н., Рябова С.М. Влияние шелушения ржи на процесс ферментативного гидролиза крахмала сырья // *Пиво и напитки*. – 2013. – №4. – С.48-50.
8. Брасалин С.Н. О физическом смысле одного известного показателя технологической эффективности шелушения крупяного зерна // *Ползуновский альманах*. – 2011. – №4/2. – 2011. – С.254-256.
9. Крикунова Л.Н. Сравнительная характеристика методов оценки прочностных свойств зерна // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2007. – №4. – С. 48-52.
10. Козьмина Н.П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М.: Колос, 1976. – 375 с.
11. Мельников Е.М., Сергеева Е., Елисеева Т. Крупяные продукты из зерна ржи // *Хлебопродукты*. – 2001. – № 6. – С.24.
12. Марьин В.А., Верецагин А.Л. Повышение целостности ядра овса при шелушении // *Хлебопродукты*. – 2018. – №7. – С. 54-56.
13. Таранин С.А., Яблоков А.Е. Оптимизация процесса шелушения ячменя в малогабаритном шелушителе // *Объединенный научный журнал*. – 2005. – №22. – С. 87-89.

14. Жигунов Д.А., Ковалев М.А. Исследование влияния шелушения зерна на этап крупобразования при сортовом помеле пшеницы // *Одеська національна академія харчових технологій. Наукові праці.* – 2014. – Вип.46. – Т.1 – С. 4-8.
15. Зеленский Г.Л. Достижения селекции риса с высоким качеством зерна в России // *Проблемы повышения качества зерна пшеницы и других зерновых культур. Сб. науч. трудов.* – М., 1998. – С.205-210.
16. Козлова Т.С., Марзаева М.Х. Первушин Д.Л. Разработка новых продуктов переработки ржи и создание функциональных продуктов питания на их основе // *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления.* – 2014. – №3. – С.74-80.
17. Панкратьева И.А., Чиркова Л.В., Политуха О.В. Ржаная каша - полезный продукт питания // *Пищевая промышленность.* – 2015. – №12. – С.73.
18. Панкратьева И.А., Чиркова Л.В., Политуха О.В. Инновационная технология производства крупы из ржи // *Материалы II Международной научно-практической конференции (05 – 26 июня 2017 г., г. Краснодар), ГБНУ ВНИИТТИ.* – Краснодар, 2017. – С.436-439.
19. Панкратьева И.А., Чиркова Л.В., Политуха О.В. Крупа из зерна ржи и тритикале // *Хлебопродукты.* – 2017. – №2. – С.58-59.

Поступила в редакцию 15.04.19
Принята к публикации 15.05.19