

Понятие и требования к качеству зерна пшеницы

Х. А. Малкандуев, Р. И. Шамурзаев, А. Х. Малкандуева

Институт сельского хозяйства –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224

Аннотация. В статье на основе обзора отечественной и зарубежной научной литературы даны обобщения по проблеме состояния качества зерна озимой пшеницы, представлены признаки качества и методы их определения. Указаны требования к качеству зерна пшеницы и пути его повышения в зависимости от почвенно-климатических условий зоны возделывания. Установлены приемы и способы определения количественных и качественных показателей зерна. Приводятся данные о связи натурального веса зерна с его качеством. Показана роль различных приемов возделывания в формировании качественного зерна пшеницы. Дается обоснование двухфазной уборки для получения качественного зерна, описываются изменения стекловидности, происходящие в период созревания зерна. Установлено, что в процессе созревания зерна происходит биохимический процесс перехода простых азотистых веществ в глиадин и глютеин, при котором происходит формирование клейковины. Определены факторы, влияющие на уровень клейковины в зерне и возможность их регулирования. Указывается, что более теплая и сухая погода весенне-летнего периода способствует большему накоплению белка, чем прохладная и дождливая. Анализ исследований по срокам уборки позволил получить данные, о том, что лучшие результаты по содержанию белка в зерне получены при уборке пшеницы в конце восковой и полной спелости. В статье приводится схема оценки качества зерна мягкой пшеницы по основным технологическим свойствам. Дается краткая характеристика основных групп мягкой пшеницы (сильные, средние, слабые) в зависимости от хлебопекарных качеств.

Ключевые слова: озимая пшеница, требования к качеству зерна, масса 1000 зерен, натура, стекловидность, клейковина, содержание белка

Поступила 15.11.2022, одобрена после рецензирования 23.11.2022, принята к публикации 30.11.2022

Для цитирования. Малкандуев Х. А., Шамурзаев Р. И., Малкандуева А. Х. Понятие и требования к качеству зерна пшеницы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 6(110). С. 203–216. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-6-110-203-216

Review article

The concept and requirements for quality wheat grains

Kh.A. Malkanduev, R.I. Shamurzaev, A.Kh. Malkandueva

Institute of Agriculture –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street

Abstract. In this article, based on a review of domestic and foreign scientific literature, generalizations are given on the problem of the quality of winter wheat grain, quality features and methods for their determination are presented. The requirements for the quality of wheat grain and ways to improve it, depending on the soil and climatic conditions of the cultivation zone, are determined. Techniques and methods for determining the quantitative and qualitative indicators of grain have been established. Data are given on the relationship between the natural weight of grain and its quality. The role of various cultivation methods in the formation of high-quality wheat grain is shown. The substantiation of two-phase harvesting is given, in order to obtain high-quality grain, the changes in vitreousness that occur during the period of grain ripening

are described. It has been established that in the process of grain ripening, a biochemical process of the transition of simple nitrogenous substances into gliadin and gluten occurs, during which gluten is formed. The factors influencing the level of gluten in the grain and the possibility of their regulation are determined. It is indicated that warmer and drier weather in the spring-summer period contributes to a greater accumulation of protein than cool and rainy weather. An analysis of studies on the timing of harvesting made it possible to obtain data that the best results in terms of protein content in grain were obtained when harvesting wheat at the end of waxy and full ripeness. The article provides an assessment scheme for the main technological properties and technological requirements for the quality of soft wheat grain. A brief description of the main groups of soft wheat (strong, medium, weak) depending on the baking qualities is given.

Keywords: winter wheat, grain quality requirements, weight of 1000 grains, nature, vitreousness, gluten, protein content

Submitted 15.11.2022,

approved after reviewing 23.11.2022,

accepted for publication 30.11.2022

For citation. Malkanduev Kh.A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.Kh. The concept and requirements for quality wheat grains. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022. No. 6(110). Pp. 203–216. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-6-110-203-216

ВВЕДЕНИЕ

По имеющимся статистическим данным, в мировом производстве пшеницы на долю «сильных» приходится всего лишь 15–20 %, на долю «слабых» 50–55 %, то есть половина или немногим более половины объема производимого в мире зерна пшеницы может давать качественный хлеб только при добавлении к нему 25–40 % высококачественного зерна пшеницы – улучшителей. Этим объясняется тот большой спрос на зерно «сильных» пшениц, который существует в настоящее время как внутри нашей страны, так и за рубежом.

Основная задача сельскохозяйственного производства заключается не только в получении высоких урожаев зерна, но и в обеспечении наилучших его технологических свойств. Возросшие потребности населения в высококачественных хлебобулочных изделиях, а также развитие хлебного экспорта страны определяют необходимость производства зерна «сильных» и «ценных» сортов пшеницы.

Во всем мире проблеме повышения качества зерна пшеницы уделяют все большее внимание. Это связано как с быстрым ростом объемов производства и переходящих запасов зерна пшеницы, так и с новыми требованиями со стороны мукомольной и хлебопекарной промышленности. Озимая пшеница – основная продовольственная культура в Российской Федерации. Однако на долю пшеницы 3-го класса приходится 30–40 % от общего количества урожая, а на мукомольном рынке ощущается дефицит производства качественного зерна.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исходя из современных представлений под качеством зерна пшеницы следует понимать ее «силу» или степень проявления ее технологических свойств, формирующихся под воздействием агротехнических приемов. Целью наших исследований являлось изучение вопросов оптимального сочетания количества и качества урожая при уборке. Сорты мягкой пшеницы в зависимости от хлебопекарных качеств разделяются на три основные группы: сильные, средние, слабые. Наибольшую ценность представляют «сильные» пшеницы. Они выделяются высоким содержанием белка хорошего качества, упругой клейковиной, обеспечивающей устойчивость теста и большой объем хлеба, и не только в этом их главная ценность, они обладают высокими хлебопекарными качествами и способны при подмешивании к муке из «слабых» пшениц в количестве от 25 до 40 % резко улучшать качество выпекаемого хлеба. Поэтому «сильные» пшеницы часто называют улучшителями.

Средние по хлебопекарным качествам пшеницы (филлеры) сами по себе дают хлеб высокого качества, однако при подмешивании к слабым пшеницам выпекаемый из них хлеб существенно не улучшают. У них по сравнению с сильными пшеницами менее упругая, более

растяжимая клейковина. Зерно таких пшениц используется для выпечки хлеба в чистом виде или берется в хлебопекарную смесь как накопитель (филлер) в количестве 35–40 %. У слабых пшениц малоупругая, сильно растяжимая клейковина, тесто не выдерживает интенсивной механической обработки на хлебозаводах и при этом резко ухудшаются его физические свойства, оно быстро разжижается, становится липким. Качество такого хлеба низкое, пористость грубая, слабые пшеницы могут давать хлеб хорошего качества лишь при подмешивании к ним муки из сильных пшениц в указанных выше размерах. В чистом виде слабые пшеницы применяются только для изготовления кондитерских изделий. В промышленном хлебопечении в смеси с сильной и средней пшеницами их берут не более 10–25 %.

Для раскрытия понятия «качество пшеницы» привлечено множество признаков. Все методы оценки можно разбить на две основные группы: прямые и косвенные. Первым методом является пробный размол и пробная выпечка хлеба. Но так как прямой метод длителен и сложен, то в условиях производства применяют косвенный, заключающийся в определении качества зерна по натуре, стекловидности, содержанию сырого протеина, количеству и качеству клейковины, физическим свойствам теста на самопишущих приборах [1]. Экспрессный способ определения реологических свойств теста, а также построение режима тестоведения возможно с помощью самопишущих приборов: альвеографа, фаринографа и экстенсографа [2]. Данные, получаемые на приборах, имеют самостоятельное значение и носят характер прямых показателей. Однако даже прямые испытания не всегда могут выявить потенциальные хлебопекарные возможности пшеницы, поэтому прибегают к пробным выпечкам с применением улучшителей [3]. Это позволяет изменить физические свойства теста, но при этом окислители не во всех случаях приводят к увеличению объема хлеба. Отсюда целесообразно на заключительном этапе испытания проводить пробные выпечки с сахаром и КВгО₃ совместно.

Интенсивная механическая обработка теста, получившая распространение в Канаде, оказывает положительное влияние на упругие свойства, характерные для муки из сильной пшеницы. Исследования показали, что метод повторного замеса дает возможность более полно определить силу муки и более ясно отличить сильную муку от слабой.

Важным показателем качества зерна является натуральный вес, он нашел общее признание в товарном обороте и реже применяется для характеристики семян. Его роль заключается прежде всего в том, что он представляет собой предполагаемый выход муки из данного зерна. Изучению взаимосвязи выхода муки с натурным весом и выполненностью зерна посвящены работы А. Х. Малкандуевой, Н. С. Кравченко, А. П. Самофалова и др., Н. Г. Игнатъевой, Е. В. Ионовой, Н. Е. Васюшкиной и др. [4, 5, 6]. Натурный вес – один из самых старых показателей качества зерна, применявшихся в хлебной торговле в Древней Греции и Риме, в настоящее время данный признак положен в основу товарной классификации зерна. В стандартах РФ, США, Канады, Аргентины и других стран этот признак является главным, давая зерну место в классах. Он введен и в кондиционные нормы при покупке зерна у сельскохозяйственных предприятий хлебоприемными пунктами. В настоящее время продолжают споры по вопросу включения натурального веса в систему оценки технологических свойств зерна как показатель. Главным образом, это было связано с тем, что такие факторы, как засоренность и влажность снижали объективность его показаний. Это послужило основанием для разработки усовершенствованной методики и прибора для определения натурального веса зерна. В РФ и в большинстве стран, где введена метрическая система мер, натуральный вес определяется весом одного литра или гектолитра в килограммах, а в США и Канаде он выражается весом одного бушеля в фунтах. Последовательно были развернуты исследования, связанные с переходом на более современный метод определения натурального веса зерна. Натурный вес зависит и от уровня влажности зерна. Повышение содержания воды в зерне должно само по себе снижать величину его натурального веса, так как вода имеет меньший удельный вес, чем сухие вещества зерновки. Рост влажности зерна пшеницы с 13 до 21 % приводит к падению натурального веса на 35 г/л, а увеличение

влажности до 33,0 % – на 49 г/л. Существуют экспериментальные данные, которые говорят о том, что влажность 15,5 % стабилизирует натуральный вес. Следовательно, основным условием правильного определения его как показателя качества зерна является предварительное доведение партии до кондиционного состояния по влажности и содержанию примесей. В таком случае натуральный вес может быть увязан с выходом муки [7].

Стекловидность (консистенция эндосперма) зерна пшеницы имеет очень важное значение, так как от нее зависят содержание белка и технологические свойства. Стекловидность является не только показателем, характеризующим объем белка, но и признаком реологических свойств пшеницы [8]. Помимо этого, нужно отметить наличие некоторых морфологических взаимоотношений в клетках эндосперма крахмальных зерен и белковых веществ. Исследования ряда ученых выявили отличительные характеристики структурного строения стекловидного и мучнистого эндосперма. Форма крахмальных зерен в стекловидном эндосперме круглая, крупных размеров, и они плотно связаны веществами белковой природы. Крахмальные зерна в мучнистом эндосперме мелкого размера и угловатой формы, связаны рыхло, с большим количеством воздушных прослоек. Вследствие этого в стекловидном зерне пространство между крахмальными зернами в большей мере содержит белковые вещества. Кроме того, стекловидные зерна отличаются повышенной углеводно-амилазной активностью, что связано с разрушением крахмальных зерен в процессе помола и большей их доступностью к действию амилаз.

Значительный интерес представляет изменение стекловидности зерна в зависимости от времени уборки и обмолота валков. В исследованиях ИСХ КБНЦ РАН (2016–2018 гг.) более высокая стекловидность (66 %) наблюдалась в степной зоне при уборке в фазе конца восковой спелости. Заметное снижение стекловидности нами отмечено при запаздывании с обмолотом валков и при перестое зерна на корню.

В связи с большим практическим значением содержания белка в зерне пшеницы накопление его привлекало внимание многих исследователей и подвергалось интенсивному изучению. Высокое содержание и хорошие физико-химические свойства белка не только повышают питательную ценность хлеба, но и одновременно являются основным условием высоких хлебопекарных качеств пшеничной муки [8, 9].

Одной из основных задач агрономической практики является производство зерна пшеницы с высоким содержанием клейковины хорошего качества. Изучению факторов, влияющих на уровень клейковины в зерне, и возможности их регулирования посвящены исследования ученых В. Е. Торикова, И. И. Фокина, С. Н. Громовой, О. В. Скрипки, А. П. Самофалова, С. В. Подгорного, Н. Г. Игнатьевой, Е. В. Ионовой, Н. Е. Васюшкиной, А. В. Пасынкова, Д. В. Дубовика, Е. Н. Пасынковой [4, 10–12]. В результате экспериментальных исследований они пришли к заключению об окончании накопления клейковины к фазе восковой спелости, т.к. отмывка клейковины происходила в опытах еще при влажности зерна в пределах 55–65 %, что соответствует фазе начала молочной спелости. В ходе созревания зерна происходит биохимический процесс перехода простых азотистых веществ в глиадин и глютеин, при котором происходит формирование клейковины.

Важную роль в технологических процессах выработки хлеба и макаронных изделий играет пшеничная клейковина ввиду того, что она определяет способность пшеничной муки при брожении давать упругое эластичное тесто. В основном большое различие сортов пшеницы в мире зависит от количества и качества содержащейся в них клейковины. По количеству отмываемой из зерна клейковины судят о содержании белков вообще, так как между количеством отмывтой клейковины и содержанием белка существует тесная корреляционная зависимость [13]. Иначе говоря, высококлейковинные виды пшеницы являются вместе с тем и высокобелковыми. Не менее важное значение имеет содержание сухой клейковины в зерне. Экономически оказалось выгоднее из сортов пшеницы с высоким содержанием белка отмывать клейковину, а затем использовать ее в смеси с сортами муки, имеющей низкое

содержание. В настоящее время такой метод успешно применяется в Англии. Содержание клейковины в зерне пшеницы также зависит от сортовых особенностей и условий возделывания и колеблется в широких пределах: сырой – от 16 % до 52 %, сухой – от 5 % до 20 %. На качественные и количественные показатели формируемой клейковины оказывает влияние совокупность условий формирования агроценоза. Формирование клейковины в процессе созревания зерна и влияние различных сроков уборки на ее содержание и качество в литературе освещено недостаточно. Исследования В. К. Кочетова, О. В. Скрипки, С. В. Подгорного и других показали, что главнейшими факторами, влияющими на хлебопекарные свойства пшеницы, являются количество и качество ее белковых компонентов. Основное условие получения высококачественного хлеба, т.е. хорошо разрыхленного брожением, высокого объема, с большой пористостью – содержание в муке большого количества белков клейковины, определенной газодерживающей способности. Содержание сбраживающих сахаров и скорость ферментативного расщепления крахмала муки под действием амилазы, т.е. способность муки выделять при брожении теста то или иное количество углекислого газа (газообразующая способность муки). Однако эти показатели не имеют решающего значения для оценки хлебопекарных свойств пшеницы, так как недостаточное образование сахаров в тесте можно компенсировать путем добавления сахара или солода [8, 14].

В разработке и рекомендации методов определения качества зерна определенную работу проводит Международное общество по химии зерна. Это общество свою работу координирует с Международным объединением по стандартизации, где рассматриваются рекомендуемые методы с целью оформления их в качестве международных стандартов. В настоящее время определение азота по Кьельдалю, натурального веса в очищенном зерне, влажности и других признаков вошли в международную практику оценки качества. Разработанная система оценки «силы» пшеницы в РФ с достаточной полнотой позволяет выявить достоинство ее в свете современных требований, предъявляемых к качеству зерна в зависимости от вида, сорта, почвенно-климатических особенностей зоны производства и агротехнических условий возделывания [15].

Практика заготовки пшеницы в производственных условиях показала, что во многих случаях заготавливаемое зерно сильных и ценных пшениц не соответствует предъявляемым к ним требованиям. Причины не проявления потенциальных особенностей сортов «сильных» и «ценных» пшениц недостаточно выявлены. Причиной низкого удельного веса «сильных» пшениц в общем объеме заготовок является недооценка влияния сроков уборки урожая на качество зерна. Соблюдая технологию производства «сильных» пшениц, можно вырастить качественное зерно, но затем потерять эти качества в результате затягивания с уборкой. В связи с этим изучение закономерностей в изменчивости физико-химических и мукомольно-хлебопекарных свойств зерна озимой пшеницы в процессе созревания, сроки и способы ее уборки являются актуальными вопросами сельскохозяйственной науки, особенно в различных почвенно-климатических условиях, и имеют большое теоретическое и практическое значение. Вследствие отсутствия в области оценки качества зерна интегральных признаков в РФ в настоящее время действует довольно сложная, но общепринятая методика оценки силы пшеницы. Данная система разработана в Институте зерна совместно с Госкомиссией по испытанию и охране селекционных достижений, Институтом хлебопекарной промышленности.

Схема оценки зерна мягкой пшеницы представлена в таблице 1.

Таблица 1. Схема оценки зерна мягкой пшеницы различной силы по основным технологическим свойствам

Table 1. Scheme for assessing soft wheat grains of various strengths according to the main technological properties

Показатель качества	Значения показателей для пшеницы		
	сильная	средняя	слабая

Содержание белка, %	14	менее 14	менее 11
Стекловидность, не менее % (I и IV тип)	-	-	-
Подтип I	75	менее 75	менее 40
Подтип II	70	менее 70	менее 40
То же (для III типа, %)	60	менее 60	менее 40
Содержание сырой клейковины, %	28	менее 25	менее 25
То же, в муке 70 % выхода	не менее 32	менее 30	менее 30
Качество клейковины, группа	I	II	III
Разжижение теста по фаринографу	не более 80	менее 150	более 150
Удельная работа деформации теста по альвеографу	не менее 280	не менее 200	Менее 200
Упругость теста по альвеографу, мм	не менее 80	-	-
Отношение упругости к растяжимости	1-2	-	-
Объемный выход хлеба из 100 г муки без сахара, мл ²	не менее 450	-	350
С сахаром, мл ²	500	-	400
С сахаром и броматом, мл ²	650	-	450

В случае несбалансированности отдельных показателей можно пользоваться для проверки принадлежности пшениц к той или иной группе методом определения смесительной способности или методом, разработанным Государственной комиссией по сортоиспытанию и охране селекционных достижений.

Показатели, указанные в ГОСТе 9353-2016, определяют технические требования к зерну мягкой пшеницы (табл. 2).

Признаки оценки качества зерна определяются по единой общепринятой методике. Однако не все они имеют одинаковые значения. Тем не менее некоторые из них довольно характерны, и именно на их основе можно проследить формирование и изменчивость качества зерна пшеницы. К таким признакам следует отнести: массу 1000 зерен, стекловидность, натуру, содержание белка и клейковины, мукомольные, хлебопекарные и макаронные свойства зерна пшеницы. Наряду с урожайностью и накоплением сухих веществ в процессе созревания пшеницы изменениям подвергаются и другие показатели качества зерна, в первую очередь его физические свойства. Важным показателем технологических свойств зерна является натурный вес. С натурой также связывают величину урожая.

Представляют интерес исследования, проведенные в условиях вертикальной зональности Кабардино-Балкарии по изучению влияния сроков уборки на качество зерна озимой пшеницы. Опыты проводились на сорте озимой мягкой пшеницы Южанка, допущенной к использованию по Северо-Кавказскому региону, занимающей значительные площади и являющейся «ценной» пшеницей по качеству зерна. Выбор сорта основан на способности формировать качественное зерно. Для сокращения потерь, к которым приводит прямое комбайнирование, при благоприятных погодных условиях необходимо использовать раздельную уборку озимой пшеницы с середины восковой спелости. Согласно исследованиям, именно в эту фазу формируются максимальный урожай и качество зерна. Особенно раздельная уборка актуальна для условий предгорной зоны, где полная спелость совпадает с дождливым периодом. Проведенный анализ климатических условий за 2016–2018 гг. показал, что погода по годам исследований варьировала, что дало возможность оценить приемы возделывания озимой пшеницы и биологические особенности сорта. Наиболее существенным является наличие тепла и влаги в период колошения – начала налива. Количество осадков в апреле-мае 2016 г. в степной и предгорной зонах было больше на 21,2 и 23,0 мм, температура воздуха выше на 1,1–3,6 °С. В течение осеннего периода осадков выпало в степной зоне 121–122 % от нормы, в предгорной зоне – 161–175 %. Сумма осадков за весну в предгорных районах составила 55–57 мм (53–59 % от средних многолетних значений), в степных районах – 47–53 мм (61–69 % от нормы). В июне интенсивные дожди в сочетании с умеренным температурным режимом создали хорошие условия для налива зерна. Сумма осадков в степной зоне за лето составила 201–205 мм, в предгорной зоне – 365–422 мм. Необычно

жаркими были первые две декады сентября 2017 года, когда отклонение температуры воздуха составило +2,9°...+6,2 °С. Всего осадков за осень выпало до 91–105 % сезонной нормы. Теплый февраль 2018 года и раннее возобновление вегетации у озимой пшеницы способствовали получению качественного зерна.

Таблица 2. Технические требования к качеству зерна мягкой пшеницы

Table 2. Technical requirements for grain quality of soft wheat

Наименование показателя	Характеристика и ограничительная норма для мягкой пшеницы класса				
	1-го	2-го	3-го	4-го	5-го
Тип, подтип	I и IV типы, 1-2 подтипы; III тип, I подтип и V тип		I, III, IV типы, 1-3 подтипы и V тип	I, III, IV типы, все подтипы; V тип и смесь типов	
Цвет	Допускается первая степень обесцвеченности		Допускается первая и вторая степени обесцвеченности	Допускается любая степень обесцвеченности	Допускается любая степень обесцвеченности и потемневшая
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %, не менее	14,5	13,5	12,0	10,0	Не ограничивается
Количество клейковины, %, не менее	32,0	28,0	23,0	18,0	Не ограничивается
Качество клейковины, не ниже: группы, ед. ИДК	I 43-77		II 18-102		Не ограничивается
Число падения, с, не менее	200		150	80	Не ограничивается
Стекловидность, %, не менее	60		40	Не ограничивается	
Натура, г/л, не менее	750		730	710	Не ограничивается
Влажность, %, не более	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Сорная примесь, % не более:	2,0				5,0
в том числе:					
минеральная примесь	0,3				1,0
в числе минеральной примеси галька	0,1				
испорченные зерна	1,0				
куколь	0,5				
Трудноотделимая примесь (овсюг, татарская гречиха)	2,0		В пределах ограничительной нормы общего содержания сорной примеси		
Зерновая примесь, %, не более	5,0				15,0

Данные исследований по изучению физических свойств зерна озимой пшеницы сорта Южанка в зависимости от сроков уборки и обмолота по зонам в условиях Кабардино-Балкарии показаны на рисунке 1.

В среднем в степной зоне (2016–2018 гг.) натурный вес зерна максимальной величины достигает в фазе полной спелости, при перестое несколько снижаясь. Аналогичные данные получены и в условиях предгорной зоны. В среднем показатели натуры зерна в разные фазы спелости по зонам республики варьировали: в степной зоне – от 733 до 866 г/л, в предгорной – от 775 до 803 г/л. При длительном нахождении пшеницы в валках и при перестое на корню натурный вес имел тенденцию к снижению.

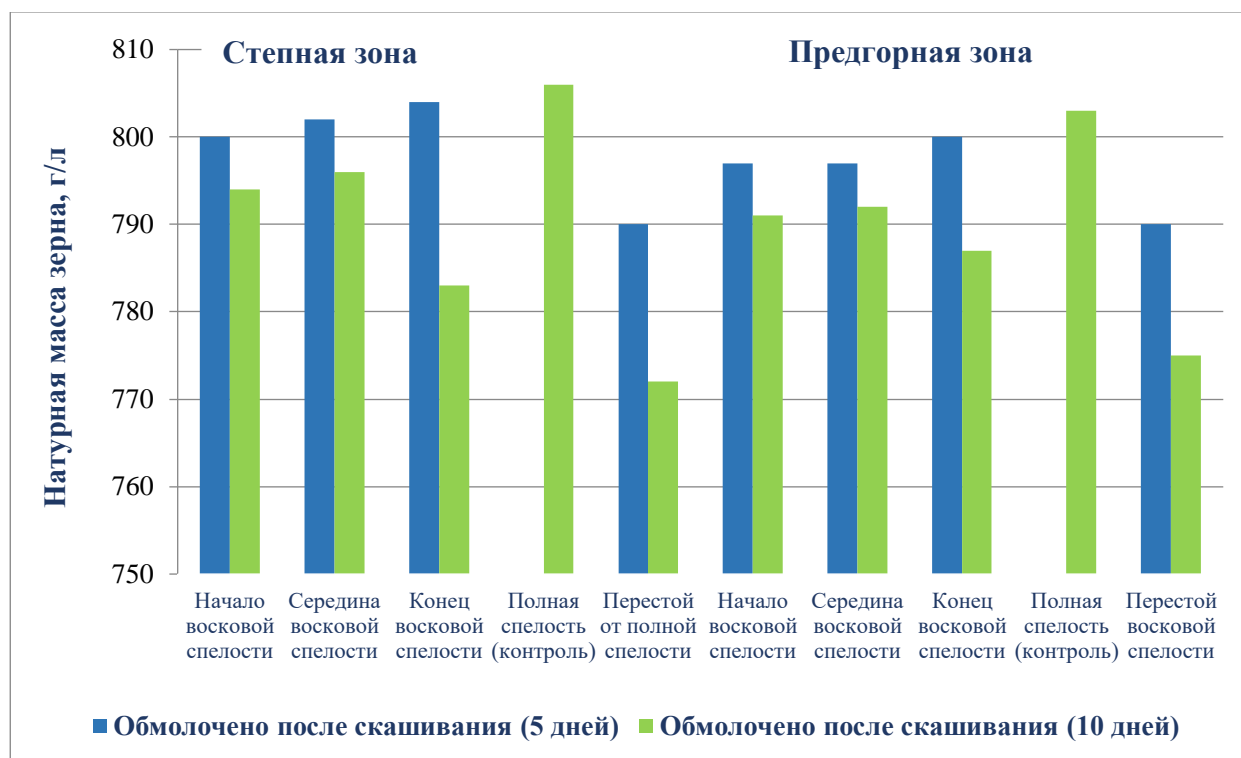


Рис. 1. Влияние сроков уборки на изменение натурального веса зерна озимой пшеницы Южанка (КБР, 2016–2018 гг.)

Fig. 1. Influence of the timing of harvesting on the change in natural weight of grains of winter wheat Yuzhanka (KBR, 2016-2018)

Задержка с уборкой созревшего зерна на корню ведет к получению пшеницы низкого качества. Так, за годы исследований по мере созревания пшеницы натуральный вес зерна повышается и достигает максимального уровня в фазе полной спелости. Как несвоевременный обмолот валков, так и запаздывание с уборкой на корню ведут к снижению натурального веса. Такое снижение более значительно при перестое, что связано с потерей сухих веществ пшеницы в результате процессов дыхания и «стекания» зерна.

Особое положение среди других соединений занимают белки. В ходе развития зерна синтез различных белков идет с различной интенсивностью. Следовательно, сроки уборки могут по-разному влиять на содержание белковых веществ в зерне пшеницы. Исследования показали, что в процессе созревания пшеницы независимо от внешних условий содержание общего азота (протеина) до конца молочной спелости уменьшается, а затем увеличивается до восковой – полной с последующим понижением от полной спелости или при перестое [16, 17, 18, 19]. Содержание же белкового азота (белка) увеличивается вплоть до конца созревания пшеницы за счет уменьшения количества небелкового азота.

В состав созревающего зерна входят и углеводы, и белковые вещества. Количественное соотношение белков и углеводов в процессе созревания зерна изменяется. Поэтому увеличение содержания белка в зерне приводит к уменьшению содержания углеводов и наоборот. На количественное соотношение основных компонентов зерна влияют почвенно-экологические условия выращивания пшеницы. Первый период налива зерна при оптимальных условиях созревания пшеницы характеризуется преобладанием синтеза белка над синтезом крахмала, и как следствие в этот период количественное содержание белка высокое. Процесс интенсификации синтеза крахмала в период молочной – начала восковой спелости способствует уменьшению содержания белка в зерне. Но из-за непрерывного поступления азота синтез белка продолжается и в последующие фазы развития, а поступление углеводов в зерно уменьшается или сходит на нет. Накопление белка и углеводов в зерне пшеницы

протекает по такой закономерности только в благоприятных экологических условиях. При чрезмерно обильных осадках и похолодании в вегетационный период наблюдается увеличение содержания углеводов из-за торможения процесса дыхания. Вместе с тем при увеличении количества осадков в почвенном профиле наблюдается вынос азота за пределы корнеобитаемого слоя, что приводит к обеднению почвы и соответственно к уменьшению количества поступающего азота в зерно пшеницы. Это дает основание считать, что количественное содержание белка в зерне напрямую зависит от нитрификационной способности почвы, скорости дыхания, процесса фотосинтеза.

Результаты исследований по срокам уборки озимой пшеницы в условиях Кабардино-Балкарии позволили получить данные, характеризующие влияние фаз спелости на изменение содержания белка в зерне (рис. 2).

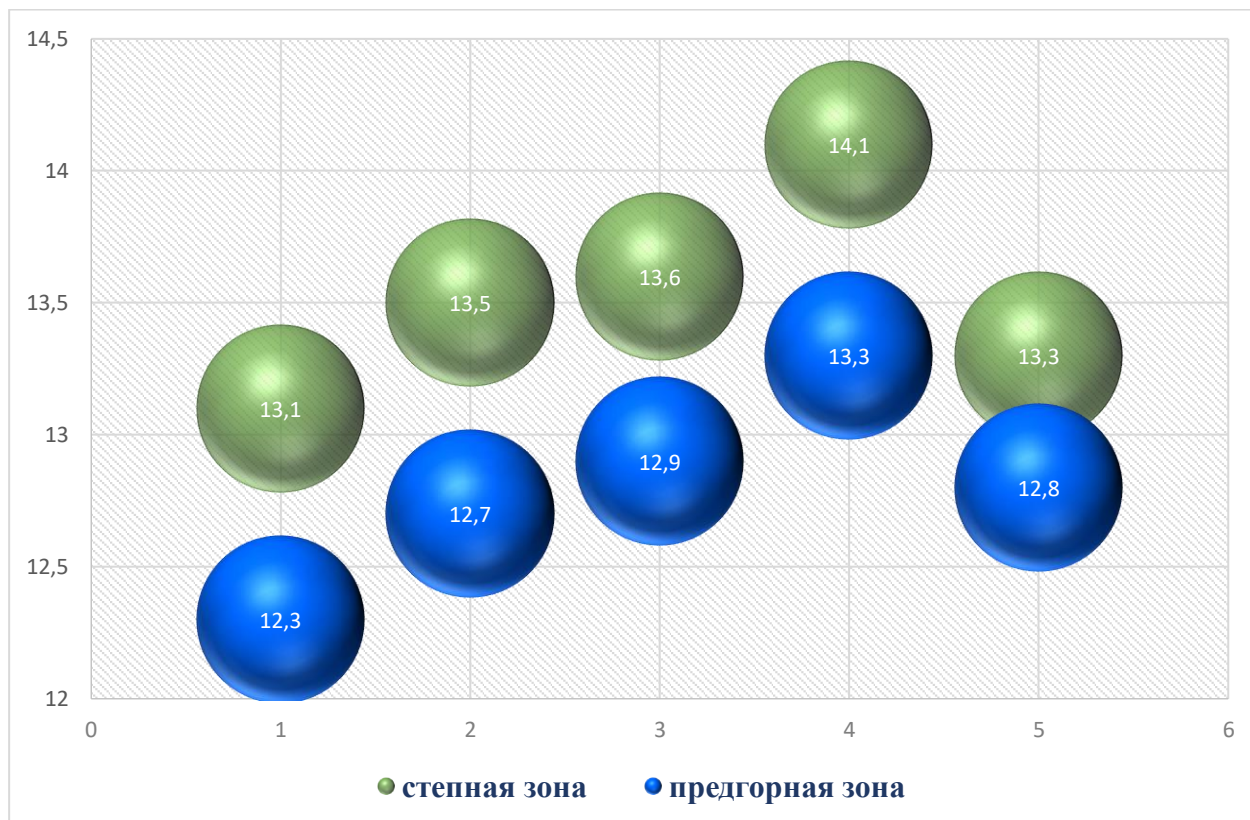


Рис. 2. Влияние сроков уборки на содержание белка в зерне озимой пшеницы Южанка (КБР, 2016–2018 гг.)

Fig. 2. Influence of harvesting terms on the protein content in the grain of winter wheat Yuzhanka (KBR, 2016-2018)

В среднем за годы исследований (2016–2018 гг.) в степной зоне содержание белка по фазам уборки (начало восковой – полная спелость) колебалось от 13,1 до 14,1 %. По срокам уборки лучшие результаты получены в конце восковой и полной спелости, что составило по степной зоне 13,6–14,1 % и предгорной 12,9–13,3% соответственно, при перестое на корню показатели снижаются на 0,8 и 0,5 %. Большой показатель содержания белка в предгорной зоне отмечен у зерна, убранного в фазе полной спелости, что по годам составило 12,4–14,0 %. В среднем по годам и срокам уборки в условиях предгорной зоны содержание белка варьировало от 12,2 до 13,3 %, при ранних сроках уборки эта величина ниже. Все это свидетельствует о том, что далеко не весь азот в зерне находится в виде белковых соединений. Особенно много небелкового азота в ранних фазах уборки зерна. В более поздние сроки уборки азот постепенно переходит в неподвижную форму – в белок.

Наиболее ответственный период в повышении качества зерна – от выхода растений в трубку до восковой спелости. Считается, что наиболее высокобелковое зерно формируется

в годы с умеренно влажной и теплой погодой в период колошения – начала налива зерна и высокими температурами во время созревания пшеницы. В отдельные годы погодные условия могут быть неодинаковыми, но зональные почвенно-климатические особенности всегда проявляются на технологических показателях зерна. Наибольшее снижение белка под влиянием атмосферных осадков, по наблюдениям, происходит в период налива и созревания зерна. Обильное выпадение осадков в фазу молочно-восковой спелости вызывает удлинение периода созревания пшеницы, что способствует повышенному накоплению углеводов. Исследованиями ученых установлено, что с удлинением периода созревания зерна под влиянием обильного увлажнения и пониженной температуры воздуха в нем задерживается синтез белковых веществ.

На основании изучения развития зернового хозяйства на Дону сделаны выводы, что в годы, когда в период налива выпадают осадки и стоит прохладная погода, пшеница отличается пониженной стекловидностью, количеством и качеством клейковины. Погода каждого конкретного года в значительной степени предопределяет качество урожая. Более теплая, сухая погода весенне-летнего периода способствует большему накоплению белка, чем прохладная и дождливая. Это связано с лучшими условиями накопления азота в почве и с большей его усвояемостью растениями в засушливых условиях. Поступление в озимую пшеницу азота из почвы в период налива зерна зависит от количества, времени выпадения осадков и продуктивности их использования. Сухая и жаркая погода в период налива при достаточной влагообеспеченности растений наиболее благоприятна для получения зерна с высокими технологическими качествами. По результатам исследований, проведенных в разных почвенно-климатических условиях КБР, содержание белка в зерне озимой пшеницы более высокое в степной зоне. При перестое зерна на корню содержание белка по зонам несколько снижается [18].

В исследованиях, проведенных в Кабардино-Балкарии по срокам уборки в 2016 году в условиях степной зоны, наблюдается довольно стабильная картина увеличения содержания сырой клейковины в зерне пшеницы по мере ее созревания. Максимального уровня она достигает в зерне, убранном в фазе полной спелости, – 27,6 %, запаздывание с обмолотом валков и перестой на корню ведет к небольшому снижению на 1,2–1,6 %. Аналогичные данные получены многими исследователями [19, 20, 21]. Для получения «сильной» пшеницы необходимы плодородные почвы, достаточное, но не избыточное количество влаги, относительно высокая температура. Считается, что качество клейковины определяется в большей степени сортовой принадлежностью, то есть является наследственным признаком сорта. Однако, как показывают исследования, качество клейковины в зависимости от сроков уборки пшеницы изменяется по-разному, качество клейковины во многом зависит от фаз спелости, в которые проводилась уборка пшеницы, а также метеорологических условий, сложившихся в течение вегетационного периода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, существующая система оценки «силы» пшеницы в РФ с достаточной полнотой позволяет выявить качественные показатели в свете современных требований, предъявляемых к качеству зерна в зависимости от вида, сорта, почвенно-климатических условий зоны производства и агротехнологий ее возделывания.

Установлено, что использование «сильных» и «ценных» сортов, применение технологий применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям с учетом их биологических особенностей обеспечат получение высоких урожаев качественного зерна во всех регионах ее возделывания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Horwat D., Jurković Z., Drezner G., Šimić G., Novoselović D., Dvojković K. Influence of gluten proteins on technological properties of Croatian wheat cultivars // *Cereal Research Communications*. 2006. Vol. 34. No. 2–3. Pp. 1177–1184.
2. Péro P., Sipos P., Győri Z. Effects of fertilizer application on the baking quality of winter wheat varieties in a long term experiment under continental climatic conditions in Hungary // *Cereal Research Communications*. 2005. Vol. 33. No. 4. Pp. 825–832.
3. Dojczew D., Sobczyk M. The effect of proteolytic activity on the technological value of wheat flour from preharvest sprouted grain // *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*. 2007. No. 6(4). Pp. 45–53.
4. Игнатьева Н. Г., Ионова Е. В., Васюшкина Н. Е. Мукомольные свойства зерна сортов озимой мягкой пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 49(1). С. 1–7.
5. Кравченко Н. С., Самофалов А. П., Игнатьева Н. Г., Васюшкина Н. Е. Физические и мукомольные свойства зерна сортов озимой мягкой пшеницы // *Аграрный вестник Урала*. 2016. № 5(147). С. 11–17.
6. Малкандуева А. Х., Каушукоев М. В. Урожай и технологические качества зерна озимой пшеницы в зависимости от приемов возделывания // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021. № 5(103). С. 33–39. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-5-103-33-39.
7. Кравченко Н. С., Ионова Е. В., Газе В. Л. Влияние условий выращивания на урожайность и качество зерна образцов озимой мягкой пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 4(64). С. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35.
8. Скрипка О. В., Подгорный С. В., Самофалов А. П., Некрасова О. А., Чернова В. Л., Громова С. Н., Кравченко Н. С. Хлебопекарные качества зерна озимой мягкой пшеницы в условиях юга Ростовской области // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 6(66). С. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-33-36.
9. Shewry P. R., Halford N. G., Belton P. S., Tatham A. S. The structure and properties of gluten: an elastic protein from // *Philosophical Transactions of The Royal Society Biological Sciences*. 2002. Vol. 357. No. 1418. Pp. 133–42.
10. Ториков В. Е., Фокин И. И. Влияние агроэкологических условий выращивания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2010. № 4. С. 35–44.
11. Громова С. Н., Скрипка О. В., Самофалов А. П., Подгорный С. В. Урожайность и качество сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ им. Г. И. Калиненко по различным предшественникам // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 3(51). С. 46–51.
12. Пасынков А. В., Дубовик Д. В., Пасынкова Е. Н. Прогноз содержания сырой клейковины в зерне пшеницы на основе уравнений множественной регрессии // *Вестник Курской ГСХА*. 2017. № 4. С. 8–14.
13. Дзанагов С. Х., Лазаров Т. К., Калоев Б. С., Кубатиева З. А., Калагова Р. В. Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Агрохимия*. 2019. № 4. С. 31–38. DOI: 10.1134/S00002188119020066.
14. Кочетов В. К. Сорт озимой пшеницы – основной фактор увеличения продуктивности и получения зерна и муки заданного качества // *Научный журнал КубГАУ*. 2012. № 75. С. 1–12.
15. Малкандуева А. Х., Малкандуев Х. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от условий зон возделывания, сроков и способов уборки // *Современные проблемы АПК: материалы конференции. Адыгейский НИИСХ. Майкоп, 2008*. С. 193–195.
16. Батуева И. В., Елисеев Л. С., Яркова Н. Н. Влияние срока уборки и десикации на урожайность и послеуборочное дозревание семян озимой пшеницы в среднем Предуралье // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 6(50). С. 27–30.
17. Кулешова Л. А., Кулешов А. Н., Татьяначенко И. С., Майборода С. Ю. Влияние сроков посева, уборки и азотного минерального питания на урожайность некоторых сортов озимой пшеницы в условиях южной зоны Ростовской области // *Современная техника и технологии*, 2017. № 8. С. 2. EDN: ZFTVYF

18. Малкандуева А. Х. Влияние сроков и способов уборки на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях КБР. Нальчик: Принт-Центр, 2011. 128 с.
19. Сухарев А. А., Игнатъева Н. Г., Янковский Н. Г. Влияние сроков и способов уборки на урожайность и качество зерна озимой мягкой пшеницы // *Зерновое хозяйство России*. 2014. № 4. С. 52–58.
20. Коновалова Н. Ю. Влияние сроков уборки зерновых культур на продуктивность и качество полученного зернофуража в условиях Европейского Севера России // *Молочно-зайцевый вестник*. 2018. № 1(29). С. 46–55. DOI: 10.24411/2225-4269-2018-00005.
21. Туктарова Н. Г. Влияние срока и способа уборки озимой пшеницы Памяти Федина на урожайность и качество зерна // *Адаптивные технологии в растениеводстве – итоги и перспективы: материалы конференции*. Ижевск, 2003. С. 131–133.

Информация об авторах

- Малкандуев Хамид Алиевич**, д-р с.-х. наук, вед. науч. сотр., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;
kbniih2007@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4946-3818>
- Шамурзаев Рустам Ильясович**, канд. с.-х. наук, зав. лаб., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;
tama8333@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0169-6826>
- Малкандуева Аминат Хамидовна**, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;
malkandyewaah@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4306-3733>

REFERENCES

1. Horwat D., Jurković Z., Drezner G., Šimić G., Novoselović D., Dvojković K. Influence of gluten proteins on technological properties of Croatian wheat cultivars. *Cereal Research Communications*. 2006. Vol. 34. No. 2–3. Pp. 1177–1184.
2. Pepó P., Sipos P., Gyóri Z. Effects of fertilizer application on the baking quality of winter wheat varieties in a long term experiment under continental climatic conditions in Hungary. *Cereal Research Communications*. 2005. Vol. 33. No. 4. Pp. 825–832.
3. Dojczew D., Sobczyk M. The effect of proteolytic activity on the technological value of wheat flour from pre-harvest sprouted grain. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*. 2007. No. 6(4). Pp. 45–53.
4. Ignatieva N.G., Ionova E.V., Vasyushkina N.E. Flour-grinding properties of grain varieties of winter soft wheat. *Grain Economy of Russia*. 2017. No. 49(1). Pp. 1–7. (In Russian)
5. Kravchenko N.S., Samofalov A.P., Ignatieva N.G., Vasyushkina N.E. Physical and flour-grinding properties of winter soft wheat grain. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016. No. 5(147). Pp. 11–17. (In Russian)
6. Malkandueva A.Kh., Kashukoev M.V. Yield and technological qualities of winter wheat grain depending on cultivation methods. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021. No. 5(103). Pp. 33–39. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-5-103-33-39. (In Russian)
7. Kravchenko N.S., Ionova E.V., Gaze V.L. Influence of growing conditions on the yield and grain quality of winter soft wheat samples. *Grain Economy of Russia*. 2019. No. 4(64). Pp. 31–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-31-35. (In Russian)
8. Skripka O.V., Podgorny S.V., Samofalov A.P., Nekrasova O.A., Chernova V.L., Gromova S.N., Kravchenko N.S. Baking qualities of grain of winter soft wheat in the conditions of the south

of the Rostov region. *Grain economy of Russia*. 2019. No. 6(66). Pp. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-33-36. (In Russian)

9. Shewry P.R., Halford N.G., Belton P.S. and Tatham A.S. The structure and properties of gluten: an elastic protein from. *Philosophical Transactions of The Royal Society Biological Sciences*. 2002. Vol. 357. No. 1418. Pp. 133–42.

10. Torikov V.E., Fokin I.I. Influence of agroecological growing conditions on the yield and quality of winter wheat grain. *Scientific Journal of Federal State Budgetary Educational institution of Higher Education "Bryansk State Agrarian University"*. 2010. No. 4. Pp. 35–44. (In Russian)

11. Gromova S.N., Skripka O.V., Samofalov A.P., Podgorny S.V. Yield and quality of varieties and lines of winter soft wheat breeding of Federal State Budgetary Scientific Establishment named after G.I. Kalinenko according to various predecessors. *Grain Economy of Russia*. 2017. No. 3(51). Pp. 46–51. (In Russian)

12. Pasyнков A.V., Dubovik D.V., Pasynkova E.N. Prediction of raw gluten content in wheat grain based on multiple regression equations. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2017. No. 4. Pp. 8–14. (In Russian).

13. Dzanagov S.Kh., Lazarov T.K., Kaloev B.S., Kubatieva Z.A., Kalagova R.V. Influence of long-term use of fertilizers on growth rates, yield and grain quality of winter wheat. *Agrochemistry*. 2019. No. 4. Pp. 31–38. DOI: 10.1134/S00002188119020066. (In Russian)

14. Kochetov V.K. Winter wheat variety - the main factor in increasing productivity and obtaining grain and flour of a set quality. *Scientific journal of KubSAU*. 2012. No. 75. Pp. 1–12. (In Russian)

15. Malkandueva A.Kh., Malkanduev Kh.A. Productivity and grain quality of winter wheat depending on the conditions of cultivation zones, terms and methods of harvesting. *Sovremennye problemy APK [Modern problems of the agro-industrial complex]: Proceedings of the Conference of Adygey Scientific Research Agricultural Institute*. Maykop, 2008. Pp. 193–195. (In Russian)

16. Batueva I.V., Eliseev L.S., Yarkova N.N. Influence of the term of harvesting and desiccation on the yield and post-harvest ripening of winter wheat seeds in the middle Cis-Urals. *News of Orenburg State Agrarian University*. 2014. No. 6(50). Pp. 27–30. (In Russian)

17. Kuleshova L. A., Kuleshov A. N., Tat'yanchenko I. S., Maiboroda S.Yu. Influence of the timing of sowing, harvesting and nitrogen mineral nutrition on the yield of some varieties of winter wheat in the southern zone of the Rostov region. *Sovremennaja tehnika i tehnologii [Modern techniques and technologies]*. 2017. No. 8. Art. 2. EDN: ZFTVYF (In Russian)

18. Malkandueva A.Kh. *Vlijanie srokov i sposobov uborki na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy v usloviyah KBR* [Influence of timing and methods of harvesting on the yield and grain quality of winter wheat under the conditions of the KBR]. Nalchik: Print Center, 2011. 128 p. (In Russian)

19. Sukharev A.A. Ignatieva N.G., Yankovsky N.G. Influence of terms and methods of harvesting on the yield and grain quality of winter soft wheat. *Grain Economy of Russia*. 2014. No. 4. Pp. 52–58. (In Russian)

20. Konovalova N.Yu. Influence of terms of harvesting of grain crops on the productivity and quality of the obtained grain fodder in the conditions of the European North of Russia. *Molochnokhozayistvenny vestnik [Milk Production Bulletin]*. 2018. No. 1(29). Pp. 46–55. DOI: 10.24411/2225-4269-2018-00005. (In Russian)

21. Tuktarova N.G. Influence of the term and method of harvesting winter wheat Pamyati of Fedina on the yield and quality of grain. *Adaptivnye tehnologii v rasteniievodstve – itogi i perspektivy: materialy konferencii [Adaptive technologies in crop production - results and prospects]: materials of the conference*. Izhevsk, 2003. Pp. 131–133. (In Russian)

Information about authors

Malkanduyev Khamid Alievich, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Agriculture – branch Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

kbniish2007@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4946-3818>

Shamurzaev Rustam Ilyasovich, Candidate of Agricultural Sciences, Head of Laboratory, Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

tama8333@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0169-6826>

Malkanduyeva Aminat Khamidovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Institute of Agriculture – branch Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360004, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

malkandyewaax@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4306-3733>