

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВЯЗКОСТЬ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА РЖАНОГО ШРОТА

Гильмуллина Л.Ф., Пономарева М.Л.

*ГНУ «ТатНИИСХ Россельхозакадемии», г. Казань, Россия (420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 48), e-mail: smponomarev@yandex.ru*

Цель исследований – оценить влияние конкретных погодных условий на проявление вязкости водного экстракта ржаного шрота. Динамическую вязкость растворов определяли с помощью вискозиметра. Проведена сравнительная оценка районированных сортов озимой ржи по признаку вязкости водного экстракта и проанализирована его связь с гидротермическими факторами. В статье обобщены данные по вязкости водного экстракта ржи за 10 лет. Изучаемые сорта сильно варьировали по данному показателю. Установлена доля влияния условий среды, генотипа и их взаимодействия на вязкость. Гидротермические условия в период формирования, налива и созревания озимой ржи оказывают существенное влияние на вязкость водного экстракта зерна. Увеличение осадков снижает, а повышение температуры положительно влияет на этот показатель. Рассмотрена динамика изменения вязкости в период налива зерна у разных сортов озимой ржи. Установлена отрицательная корреляционная зависимость между вязкостью и гидротермическим коэффициентом у высоковязких сортов.

Ключевые слова: озимая рожь, вязкость водного экстракта, гидротермический коэффициент (ГТК).

## INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON VISCOSITY OF WATER EXTRACT OF GRAIN SCHROT OF WINTER RYE

Gilmullina L.F., Ponomareva M.L.

*Tatar research institute of agriculture of RAAS, Kazan, Russia (420059, Kazan, Orenburgsky trakt, 48), e-mail: smponomarev@yandex.ru*

The purpose of researches - to estimate influence of specific weather conditions on manifestation of viscosity of water extract of grain schrot of winter rye. Dynamic viscosity of solutions defined with the help viscometer. The comparative assessment of the zoned grades of a winter rye on the basis of viscosity of water extract is carried out and its communication with hydrothermal factors is analyzed. In article data on viscosity of water extract of a rye in 10 years are generalized. Studied grades strongly varied on this indicator. The share of influence of conditions of the environment, a genotype and their interaction on viscosity is established. Hydrothermal conditions in formation and maturing of a winter rye make essential impact on viscosity of water extract of grain. The increase in a precipitation reduces, and temperature increase positively influences to this indicator. Dynamics of change of viscosity during the period maturing grains at different grades of a winter rye is considered. Negative correlation dependence between viscosity and hydrothermal factor at high-viscosity grades is established.

Keywords: winter rye, viscosity of water extract, hydrothermal factor (HTF).

### Введение

Рожь – культура универсального значения, которая на протяжении многих веков используется для пищевых, кормовых и технических целей. До определенного времени от селекционера требовалось создание надежного высокоурожайного сортимента, пригодного для различных почвенно-климатических районов страны. На современном этапе селекции встала задача производства зерна с заранее заданными технологическими свойствами, обеспечивающими производство продуктов питания и переработки определенного состава и целевого назначения.

Республика Татарстан занимает лидирующее положение в Российской Федерации по производству и урожайности озимой ржи. Учитывая, с одной стороны, экономическую

привлекательность использования дешевых кормов из озимой ржи, а с другой – негативные последствия применения зерна ржи в птицеводстве и животноводстве, можно утверждать, что в современных условиях большое значение имеет создание сортов с улучшенными кормовыми качествами. При этом задача совершенствования хлебопекарных свойств зерна также не решена в полной мере, хотя в этом направлении селекционеры работают более интенсивно.

Республика Татарстан расположена в Среднем Поволжье на Восточно-Европейской равнине и занимает площадь 68 тыс. кв. км. Климат Татарстана характеризуется нестабильной по годам и периодам вегетации сельскохозяйственных растений суммой осадков и температурой воздуха. Благоприятные годы чередуются с засушливыми и острозасушливыми.

Две трети годового количества осадков приходится на лето и осень, а одна треть – на зиму и первую половину весны. Годовая сумма осадков на территории РТ изменяется в пределах 450 до 560 мм. В теплый период (апрель–октябрь) выпадает 349 мм, что более чем в два раза превосходит осадки холодного периода (ноябрь–март) – 152 мм. Значения коэффициентов вариации годовых сумм осадков в Лаишево, Казани и Чистополе не превышает 18% (Переведенцев Ю.П. и др., 2008).

Зона Предкамья, где расположено землепользование института, в климатическом отношении относится к умеренно прохладной и достаточно увлажненной. Сумма активных температур здесь колеблется в пределах 2070–2130 °С. Вегетационный период равен 130–135 дням. Количество осадков с мая по сентябрь составляет более 250 мм.

Основа качества зерна озимой ржи закладывается уже на этапе селекции. Свойство некрахмальных полисахаридов связывать воду, а водозэкстрактивных – образовывать вязкие экстракты (слизи) обуславливает их двойственный вклад в хозяйственную ценность и направление использования зерна ржи. С одной стороны, эти соединения при повышении содержания снижают питательную ценность кормового зерна, с другой – наоборот, улучшают хлебопекарные свойства ржаной муки (Гончаренко А.А. с соавт., 2007, Marquardt R.R. e.a., 1994), что указывает на исключительную важность мониторинга селекционного материала по этому показателю. Исследования показали, что вязкость водного экстракта зернового шрота (ВЭЗШ) напрямую зависит не только от содержания ( $r = +0,62...0,96$ ), но и от структуры полисахаридов по молекулярной массе ( $r = +0,84...0,96$ ) (Гончаренко А.А. и др., 2008, Boros D. e.a., 1993). По данным отечественной и зарубежной литературы, вязкость экстракта стали рассматривать в селекционном процессе как своеобразный интегральный показатель качества зерна (Гончаренко А.А. с соавт., 2007, Boros D. e.a., 1993). Однако использование названного параметра для оценки селекционного материала озимой ржи

связано как со спецификой определения самой вязкости водного экстракта, так и со складывающимися условиями в период формирования зерна.

R. Karlsson (1988) выяснил, что относительное содержание водорастворимых пентозанов в зерне различных сортов ржи непостоянно и колебание по годам превысило колебание по сортам. Однако в опытах, проведенных с 7 сортами озимой ржи в 2005–2009 гг. (Исмагилов Р.Р., Ахиярова Л.М., 2007), дисперсия содержания водорастворимых пентозанов от условий формирования зерна составила 11,6%, а от сорта – 82,6%.

**Цель исследований** – оценить влияние конкретных погодных условий на проявление показателя вязкости водного экстракта ржаного шрота.

**Материал и методы.** Исследования проводились в 2001–2010 гг. на селекционном севообороте ГНУ «Татарский НИИСХ Россельхозакадемии», который расположен в Лаишевском районе РТ. Объектом исследования служили районированные в Республике Татарстан сорта озимой ржи. Для изучения динамической вязкости водного экстракта использованы методики Гончаренко А.А., Исмагилова Р.Р. и др. [2005], Кислухиной О., Кюдудас И. [1997] и Boros et al. [1993]. Математическая обработка результатов исследований с использованием Пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.08., РАСХН, 1999).

**Результаты и обсуждение.** Дисперсионный двухфакторный анализ выявил существенные различия изменчивости величины вязкости водного экстракта ржи как между сортами, так и между годами испытания. В сложившихся за 10 лет условиях вегетации определена норма реакции показателя ВЭШ, а также долевого вклад условий года и генотипа в изменчивость признака.

Установлено, что сила влияния погодных условий года на вязкость зерна заметно превышала влияние генотипа сорта (51,4%, и 20,6% соответственно). Влияние взаимодействия «генотип x среда» составило 28,0%, что указывает на значительную обусловленность специфической реакции сорта на погодные условия при формировании пентозанов в зерне.

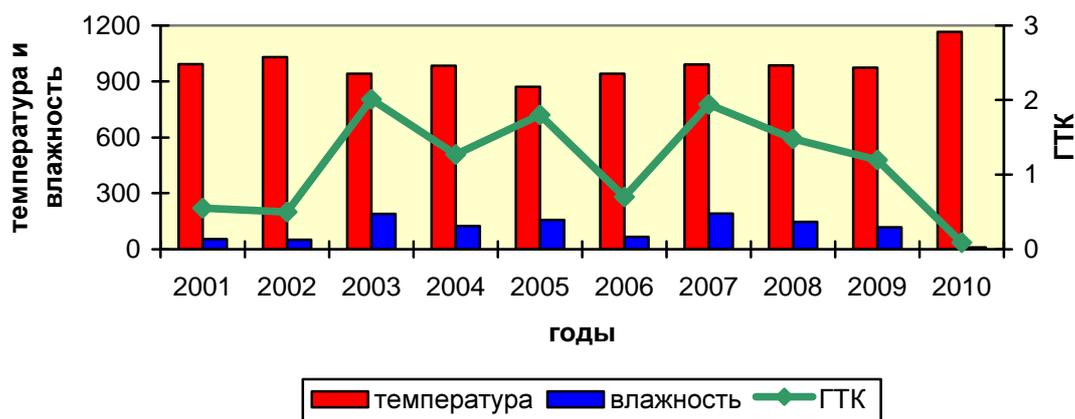
Результаты изучения вязкости водного экстракта 6 сортов озимой ржи представлены в таблице 1. В среднем за 10 лет наибольшие значения признака отмечены у сортов Татарская 1 (40,3 сСт) и Тантана (32,5 сСт), а наименьшие показатели вязкости – у сортов Огонек (19,7 сСт) и Антарес (16,1 сСт). Показательно, что первые два сорта относятся к северо-русской группе сортов с доминантно-короткостебельным контролем высоты растения, а вторые два сорта – к степному экотипу ржи с рецессивно-полигенным контролем высоты растения.

**Таблица 1 – Вязкость водно-мучной суспензии сортов озимой ржи, сантистокс (сСт), 2001-2008 гг.**

<b>Сорт</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Среднее по сортам НСР=0,2</b>
Татарская 1	83,2	29,1	37,1	35,9	16,1	62,2	14,1	19,3	28,2	77,6	40,3
Эстафета Татарстана	47,8	34,9	49,5	29,1	9,0	35,1	15,2	13,4	13,5	50,9	29,8
Радонь	35,7	26,4	35,7	30,1	7,3	36,9	12,1	11,3	18,5	48,8	26,3
Огонек	15,5	28,9	48,7	23,3	6,1	18,2	11,6	9,8	7,8	27,1	19,7
Тантана	38,5	57,2	36,1	36,5	15,0	56,6	13,8	14,4	8,8	48,1	32,5
Антарес	16,8	13,0	15,5	34,6	12,5	19,1	8,8	10,3	6,9	23,1	16,1
Среднее по годам НСР=0,3	39,5	31,6	37,1	31,6	11,0	38,0	12,6	13,8	14,0	45,9	

Среди лет испытания наиболее благоприятными для формирования высокой вязкости водного экстракта были 2001, 2002 и 2006, когда значение признака в среднем равнялось 31,6–39,5 сСт. Именно в эти годы происходила наилучшая дифференциация сортов по вязкости, максимально разграничивая высокопентозановые и низкопентозановые формы. В 2005, 2007, 2008 и 2009 годах отмечены более низкие значения вязкости – в среднем 11,0–14,0 сСт. Вероятно, такое проявление признака в эти годы связано с повышенной влажностью в период налива зерна, значения гидротермического коэффициента (ГТК) составляли 1,80, 1,94, 1,48 и 1,20 соответственно (рис. 1).

Наряду с этим различия между сортами в указанные годы снижались до минимальных значений. Так, например, в 2005 г. вязкость водного экстракта изменялась от 6,1 сСт у сорта Огонек до 16,1 сСт у сорта Татарская 1.

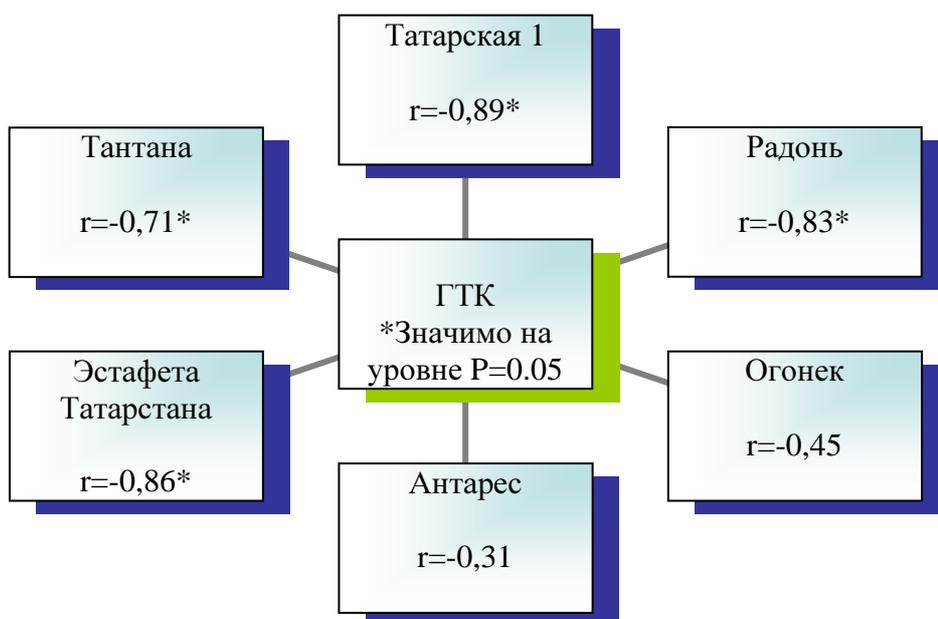


**Рис. 1. Агрометеорологические условия 2001–2010 гг.**

В 2007 году сильные дожди и ураган в период налива зерна привели к сильному полеганию растений. Последовавшая после этого теплая погода в период уборки привела к активации амилолитических ферментов, и сорта, обычно характеризующиеся высокими значениями вязкости водного экстракта шрота, имели низкие значения данного признака. Согласно полученным данным, вязкость по сортам составила: 14,1сСт у Татарской 1; 15,2 сСт у Эстафеты Татарстана; 12,1сСт у Радони и 13,8сСт у Тантаны (табл. 1).

Следует отметить, что для сортов Татарская 1, Эстафета Татарстана, Радонь, Тантана (сорта предпочтительно хлебопекарного направления использования) годы с более сухими погодными условиями были благоприятными для формирования хлебопекарных свойств, по причине высокой вязкости зерна. Условия 2010 года были уникальными с точки зрения оценки формирования различными сортами качественных показателей зерна, т.к. они характеризовались острой засухой, особенно в период налива (ГТК=0,09). Зерно ржи было мелким и щуплым. Среднее значение вязкости по сортам в 2010 году составило 58,4 сантистокс.

Особый интерес представляет корреляционная зависимость вязкости водного экстракта от гидротермических условий у разных сортов. Анализ корреляции между ГТК и ВЭШ приведен на рисунке 2. Исследования показали, что наибольшую корреляционную зависимость со складывающимися гидротермическими факторами в период налива зерна имеют сорта ржи с более высокими значениями вязкости водного экстракта. Такими сортами в нашем эксперименте (в среднем за 2001–2010 гг.) были Татарская 1 – 40,3 сСт, Тантана – 32,5 сСт, Радонь – 26,3сСт и Эстафета Татарстана – 29,8 сСт. У перечисленных сортов выявлены существенные отрицательные значения коэффициентов корреляции:  $r = -0,89^*$ ,  $-0,71^*$ ,  $-0,83^*$ ,  $-0,86^*$  соответственно.



**Рис. 2. Корреляционная зависимость между вязкостью водного экстракта и ГТК в период налива зерна, 2001–2010 гг.**

Сорта с более низкой вязкостью водного экстракта имели слабую или среднюю корреляционную зависимость с ГТК. У сорта Антарес коэффициент корреляции составил  $r = -0,31$ , у сорта Огонек  $r = -0,45$ .

Также нами была изучена фенотипическая изменчивость вязкости водного экстракта зерна в период налива зерна и возможность использования этого признака в качестве критерия оценки и отбора селекционного материала при селекции озимой ржи на целевое использование. Для исследования по срокам созревания были выбраны 3 сорта – Эстафета Татарстана, Радонь, Огонек.

В среднем за три года (2006–2008 гг.) в период тестообразной спелости вязкость имела максимальные значения (26,52...36,00 сСт) и снижалась к фазе полной спелости (рис. 3). Отмечено, что сорт Эстафета Татарстана имел в фазе тестообразной спелости наибольшую вязкость, а к фазе твердой спелости занимал промежуточное положение между двумя другими сортами. Сорт Огонек во все анализируемые фазы налива имел наименьшие показатели признака.

Однако картина динамики вязкости по сортам в период налива по годам исследований существенно различалась. У сортов Эстафета Татарстана и Огонек в 2006 году наблюдалось последовательное уменьшение вязких свойств пентозанов (рис. 4). У сорта Радонь выявлена иная картина. В начале формирования зерна она была невысокой, затем к моменту восковой спелости повышалась и к полной спелости вновь снижалась.

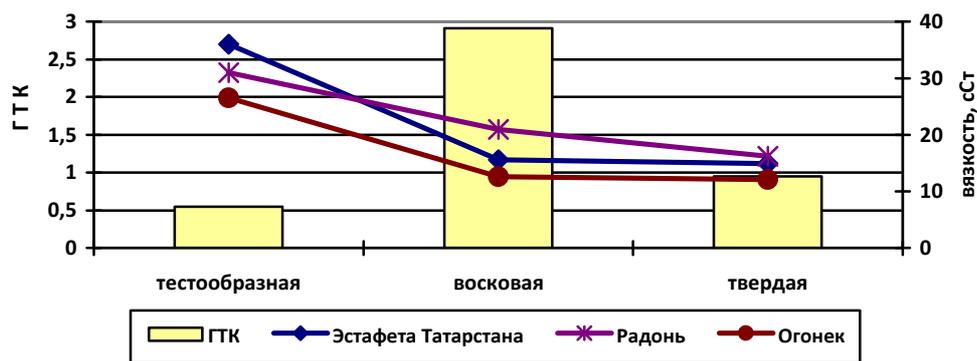


Рис. 3. Формирование ВЭЗШ в процессе налива зерна, 2006–2008 гг.

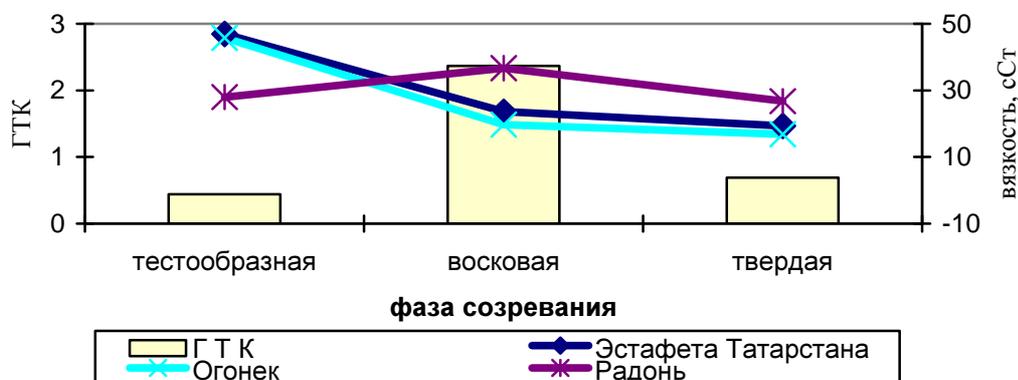
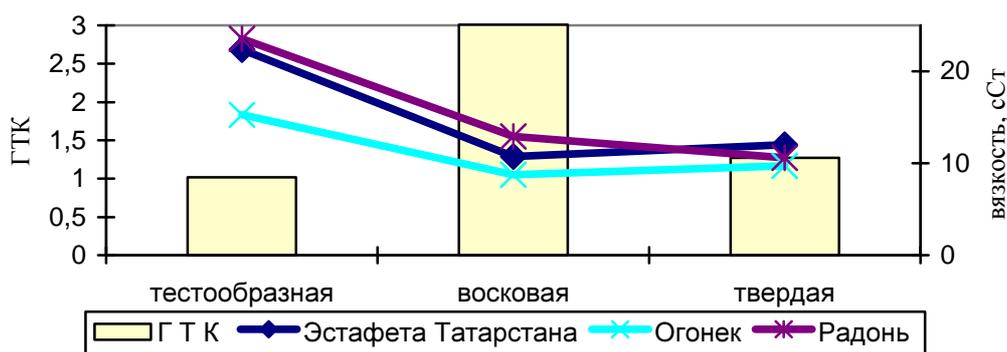


Рис. 4. Динамика ВЭЗШ сортов озимой ржи, 2006 г.

Анализ вязкости зерна из урожая 2007 г., экстремального по погодным условиям (ГТК=3,0), показал другую картину формирования вязкости в процессе налива. Все изучаемые сорта показали снижение вязкости к периоду восковой и ее повышение к твердой спелости, а у сорта Радонь вязкие свойства продолжали снижаться вплоть до твердой спелости (рис. 5). Аналогичная картина наблюдалась и в 2008 году.

Влияние погодных условий на хлебопекарные качества зерна озимой ржи обусловлено изменениями в нем активности амилалитических ферментов. При повышении влажности и понижении температуры процесс созревания зерна замедляется. К уборке зерновка остается не дозревшей. При этом повышается активность альфа-амилазы, которая расщепляет крахмал до моносахаридов, для питания трогающегося в рост зародыша. Если уборка задерживается, происходит прорастание зерна на корню. Кроме того, во влажных условиях на поверхности зерновки более интенсивно развиваются микроорганизмы, под воздействием которых разлагаются белки и углеводы, в том числе крахмал и пентозаны.



**Рис. 5. Динамика ВЭЗШ сортов озимой ржи, 2007 г.**

Доля влияния каждого изучаемого фактора по годам различалась, однако влияние гидротермических факторов составляло от 57,2 до 78,2%. Доля влияния сорта в изменчивость признака ВЭЗШ в процессе налива была наименьшей и варьировала от 1,5 до 14,5%. Генотип сорта проявляется слабее в годы с благоприятными условиями среды. Наибольшее влияние сорта (14,5%) выявлено в годы с высокой влажностью в период восковой спелости (ГТК более 3 единиц). Взаимодействие «генотип x среда» имело максимальное влияние (40,8%) в годы с благоприятными условиями в период формирования зерна.

### **Выводы**

Таким образом, гидротермические условия в период формирования, налива и созревания зерна озимой ржи оказывают существенное влияние на вязкость водного экстракта зерна. Увеличение осадков снижает этот показатель, а повышение температуры положительно влияет на вязкость водного экстракта. Дисперсионный анализ степени влияния генотипа и условий года на проявление данного признака показал зависимость результатов от контрастности изучаемых сортов и погоды. Доля влияния гидротермических условий года на изменчивость ВЭЗШ составила 51,4%.

В заключение можно сказать, что, зная «сценарий» формирования ВЭЗШ и сортовые особенности озимой ржи в контрастные годы, можно выявить генетический материал для различных направлений использования ржаного зерна и наметить пути для его дальнейшего использования в селекционной работе.

### **Список литературы**

1. Гончаренко А.А. [и др.] Оценка хлебопекарных качеств зерна озимой ржи по вязкости водного экстракта // Доклады РАСХН. – 2005. – № 1. – С. 6-9.
2. Гончаренко А.А., Тимощенко А.С. Связь структуры крахмального комплекса озимой ржи с вязкостью водного экстракта // Доклады РАСХН. – 2006. – № 6. – С. 6-10.
3. Гончаренко А.А., Тимощенко А.С., Беркутова Н.С. и др. Вязкость водного экстракта озимой ржи как универсальный признак при селекции на целевое использование // С.-х. биол. – 2007. – № 3. – С. 44-49.
4. Гончаренко А.А., Тимощенко А.С., Беркутова Н.С. и др. Средневзвешенная молекулярная масса водно-экстрактивных пентозанов озимой ржи и ее связь с технологическими и хлебопекарными качествами зерна // Доклады РАСХН. – 2008. – № 4. – С. 3-7.
5. Исмагилов Р.Р., Ахиярова Л.М. Кормовые качества зерна различных сортов озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 11. – С. 16-17.
6. Кислухина О., Кюдулас И. Биотехнологические основы переработки растительного сырья. – Каунас : Технология, 1997. – 183 с.
7. Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П. Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан. – Казань : Изд. Казан. гос. унив., 2008. – 288 с.
8. Boros D., Marquardt R.R., Slominski B.A. Guenter W. Extract viscosity as an indirect assay for water-soluble pentosan content in rye // Cereal Chem. – 1993. – № 70. – P. 575-580.
9. Marquardt R.R., Boros D., Guenter W. e.a. The nutritive value of barley, rye, wheat and corn for young chicks as affected by use of a *Trichoderma reesei* enzyme preparation. // Anim. Feed. Sci. Technol. – 1994. – № 7. – P. 575-580.
10. Karlsson R. Pentosans in rye // Sveriges Utsadesforenings Tidskrift. – 1988. – V. 98. – P. 213-225.

#### **Рецензенты**

Гибадуллина Ф.С., доктор с.-х. наук, заместитель директора по науке, ГНУ «ТатНИИСХ Россельхозакадемии», г. Казань.

Замалиева Ф.Ф., доктор с.-х. наук, зав. отделом биотехнологии картофеля, ГНУ «ТатНИИСХ Россельхозакадемии», г. Казань.