УДК 633.11 : 631.527

СЕЛЕКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СОРТОВ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ ДЛЯ СОЛОДОРАЩЕНИЯ

© 2026 Г.В. Стырев, С.Н. Гапонов, Л.В. Андреева

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», г. Саратов, Россия

Статья поступила в редакцию 15.07.2026

Ссылка для цитирования: Стырев Г.В., Гапонов С.Н., Андреева Л.В. Селекционно-технологическая оценка потенциала сортов озимого тритикале ддля солодоращения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. 2026. Т. 5. № 2. С. 26-32.

В статье приводятся результаты селекционно-технологической оценки сортов озимого тритикале Георг, КС1 и Валентин 90 по экстрактивности солода в условиях ускоренного солодоращения. Солодоращение проводили по ускоренной схеме: замачивание 22 ч для тритикале и 48 ч для ячменя при 12-14°С с чередованием водной (8 ч, смена воды каждые 2 ч) и воздушной (16 ч, 22-24°С) фаз, проращивание 21 ч при 27°С, сушка ступенчатая (40°С - 10 ч, 60°С - 6 ч) до влажности 6%. Экстрактивность сусла определяли рефрактометрически на приборе RL-2 по шкале Brix. Установлено, что максимальная экстрактивность (20,5% Brix, что соответствует 87% на сухое вещество) отмечена у сорта Георг, характеризующегося аллельным вариантом Vp-1Bc. Сорт КС1 показал 19,25% Brix (82% на СВ), сорт Валентин 90 — 15,5% Brix (66% на СВ). Контрольный ячмень Граник — 14,0% Brix (60% на СВ). Выявлены статистически значимые различия между сортами по экстрактивности, выходу солода и числу падения (ANOVA, $p<0,05$). Полученные результаты свидетельствуют о возможности сокращения процесса солодоращения с 5-7 суток до 3-4 суток при использовании генетически предрасположенных сортов. Сорт Георг представляет интерес для ускоренной переработки тритикале в бродильном производстве.

Ключевые слова: тритикале, селекция, солодоращение, экстрактивность, сорта, Vp-1.

DOI: 10.37313/2782-6562-2026-5-2-26-32
EDN: LCXPSM

ВВЕДЕНИЕ

Тритикале (×Triticosecale Wittmack) является перспективной зерновой культурой, сочетающей высокую продуктивность и питательную ценность пшеницы с адаптивностью ржи [1, 2, 8]. В условиях нарастающей аридизации климата тритикале проявляет высокую конкурентную способность по сравнению с другими злаками [1, 2]. Однако дальнейшее распространение культуры сдерживается отсутствием сортов, адаптированных к требованиям перерабатывающей промышленности [3].

Несмотря на значительное число исследований, посвященных продуктивности и устойчивости тритикале, технологическая оценка современных сортов по показателям солодоращения остается недостаточно изученной, что ограничивает их использование в перерабатывающей промышленности. Ряд исследователей подтверждают перспективность использования тритикале для бродильного производства [16, 17].

Содержание крахмала в зерне тритикале достигает 70-74% [4]. Однако важное значение имеет не только его количество, но и структура крахмала, определяемая соотношением амилозы и амилопектина, а также ферментативная активность [5, 6]. Показано, что различные сорта тритикале характеризуются неодинаковой доступностью крахмала для гидролиза, что связано с генетически обусловленными особенностями гранулометрического состава крахмальных гранул. В частности, при сравнительной оценке тритикале как сырья для биоэтанола установлены различия в паттернах гидролиза, которые авторы связывают с содержанием амилопектина [7]. Эти данные подтверждают, что для оценки пригодности сортов тритикале к переработке в бродильном производстве необходимо учитывать не только количественное содержание крахмала, но и его структурно-функциональные характеристики.

Цель - селекционно-технологическую оценка сортов озимого тритикале в условиях ускоренного солодоращения с выделением перспективных генотипов для бродильной промышленности.

Стырев Глеб Вадимович, младший научный сотрудник лаборатории качества зерна. E-mail: gstyrev@bk.ru
Гапонов Сергей Николаевич, заместитель директора по селекционной работе, кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: raiser_saratov@mail.ru
Андреева Любовь Владимировна, ведущий научный сотрудник лаборатории качества зерна, кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: l.v.andreeva_75@mail.ru

Известно, что устойчивость зерновых к прорастанию на корню контролируется геном Vp-1 (Viviparous-1), регулирующим переход зерна в состояние покоя и подавление активности гидролитических ферментов [3, 9]. У тритикале идентифицированы аллельные варианты Vp-1Bc и Vp-1Ba, ассоциированные с высокой и низкой устойчивостью к предуборочному прорастанию соответственно [9, 10]. Согласно данным Дьячук Т.И. и соавт. [3], сорт Георг, характеризуется аллельным вариантом Vp-1Bc и высоким числом падения, что предполагает его генетическую предрасположенность к сохранению покоя зерна и устойчивости к предуборочному прорастанию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследовали сорта озимого тритикале селекции ФАНЦ Юго-Востока: Георг и КС1 (урожай 2025 г.), а также сорт ячменя Граник (урожай 2025 г.). В качестве дополнительного контрольного образца использовали сорт озимого тритикале Валентин 90 селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», возделываемый в условиях Саратовской области и являющийся стандартом для селекционных исследований в регионе.

Сорт Георг (код 8057032) включён в Госреестр по Средневолжскому (7) региону с 2022 года. Сорт зернового использования, средне-высокорослый, колос полностью остистый. Масса 1000 семян 41,5 г. Средняя урожайность в Центральном регионе 46,3 ц/га, максимальная 83,0 ц/га (Республика Татарстан, 2020). Авторы: Акинина В.Н., Дьячук Т.И., Кибкало И.А. и др. [13]. Сорт характеризуется высокой зимостойкостью, устойчивостью к засухе и полеганию (9 баллов), продуктивная кустистость 465 стеблей/м², содержание белка около 15,0% [12].

Сорт КС1 - создан в ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», относится к сортам, устойчивым к предуборочному прорастанию зерна [12].

Сорт Валентин 90 (код 9610548) включён в Госреестр по Северо-Кавказскому (6), Средневолжскому (7) и Нижневолжскому (8) регионам с 2007 года. Сорт-двуручка, зернокормового направления. Колос белый, наполовину остистый. Масса 1000 зёрен 40,4-53,8 г. Вегетационный период 234-287 дней, высота растений 110-138 см. Средняя урожайность в Нижневолжском регионе 33,5 ц/га, выше стандарта на 4,8 ц/га. Зимостойкость на уровне стандартов, устойчив к бурой ржавчине, мучнистой росе, головне [15]. Авторы: Ковтуненко В.Я., Тимофеев В.Б., Беспалова Л.А. и др. [14].

Сорт ячменя Граник создан в ФГБНУ «Краснокутская селекционная опытная станция НИИСХ Юго-Востока». Включён в Госреестр по Нижневолжскому (8) региону с 2019 года. Среднеранний, зернофуражного направления. Разновидность Нутанс, колос двурядный, соломенно-жёлтый. Масса 1000 зёрен 40-48 г. Урожайность в засушливые годы 1,31 т/га, в благоприятные - до 4,36 т/га, максимальная 5,35 т/га. Содержание белка 15,6-15,9%, крахмала 54,8%. Засухоустойчив, устойчив к полеганию [13].

Массу 1000 зёрен определяли по ГОСТ 12042-80. Энергию прорастания и всхожесть - по ГОСТ 12038-84. Число падения определяли по ГОСТ 27676-88. Влажность зерна и солода - термогравиметрическим методом по ГОСТ 13586.5-2015.

Солодоращение проводили по ускоренной схеме: замачивание при 12-14°С в течение 48 ч для ячменя и 22 ч для тритикале (водная фаза 8 ч, смена воды каждые 2 ч; воздушная фаза 16 ч, 22-24°С), проращивание 21 ч при 27°С, сушка ступенчатая: 40°С - 10 ч, 60°С - 6 ч до влажности 6%. Затирание осуществляли по ГОСТ 29294-2014: гидромодуль 1:4, температурные паузы: 50-52°С (30 мин), 62-63°С (60 мин), 70-72°С (30 мин), 76-78°С (10 мин). Экстрактивность определяли рефрактометрически на приборе RL-2 по шкале Brix при 20°С. Продолжительность осахаривания фиксировали по изменению окраски йодной пробы при температуре 63°С.

Для повышения достоверности результатов все определения выполнялись не менее чем в трех повторностях. Полученные экспериментальные данные подвергали статистической обработке с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с использованием пакета MATLAB и последующим апостериорным сравнением средних по критерию Тьюки при уровне значимости $p<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе исследований установлено, что сорта озимого тритикале различались по комплексу селекционно значимых признаков (таблица 1). Масса 1000 зёрен варьировала от 39,1 г (КС1) до 46,6 г (Валентин 90), что соответствует типичным значениям для тритикале и может рассматриваться как селекционный признак при отборе на продуктивность. Наибольшей массой 1000 зёрен характеризовался сорт Валентин 90 (46,6 г), несколько уступал ему ячмень Граник (49,6 г). Всхожесть всех образцов была высокой (97-100%), энергия прорастания составила 88-95%, что свидетельствует о

хорошем физиологическом состоянии зерна. Натура зерна варьировала от 691 г/л (КС1) до 734 г/л (Валентин 90), при этом у сорта Георг она составила 699 г/л, у ячменя Граник - 711 г/л, что соответствует требованиям к пивоваренному сырью. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Селекционная характеристика сортов озимого тритикале и ячменя

Сорт	Масса 1000 зёрен, г	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Натура, г/л
Георг	44,0	97	93	699
КС1	39,1	98	95	691
Валентин 90	46,6	99	88	734
Граник (контроль)	49,6	97	89	711

Согласно литературным данным, экстрактивность солода, пригодного для пивоварения, должна составлять не менее 78-80% на сухое вещество [15]. При этом показано, что тритикале обладает высоким ферментативным потенциалом, сопоставимым с ячменём [16, 17], а оптимизация режимов солодоращения позволяет достичь значений экстрактивности, превышающих 80% [18, 19]. В полученных результатах этому критерию соответствуют сорта Георг и КС1, показавшие экстрактивность 87 и 82% на СВ соответственно. Сорт Валентин 90 (66% на СВ) и ячмень Граник (60% на СВ) не достигли данного порога.

Самый высокий показатель по экстрактивности продемонстрировал сорт Георг - 20,5% Brix, что соответствует 87% на СВ. Он также характеризовался максимальным выходом солода (86%) и минимальным числом падения (124 с), что указывает на высокую ферментативную активность. Сорт КС1 занял промежуточное положение (19,25% Brix, выход солода 79%, ЧП 172 с). Наименьшие значения отмечены у сорта Валентин 90 (15,5% Brix, выход солода 83%, ЧП 208 с) и ячменя Граник (14,0% Brix, выход солода 81%, ЧП 567 с).

Время осахаривания сусла составило: у сорта Георг - 65 мин, у КС1 - 78 мин, у Валентин 90 - 47 мин, у Граника - 45 мин. Полученные различия отражают сортовые особенности технологических свойств исследуемых образцов.Согласно литературным данным, технологические характеристики тритикалевого солода формируются под влиянием комплекса процессов, протекающих в ходе солодоращения и затирания, и не могут быть охарактеризованы одним показателем [18, 19] В проведенном исследовании наиболее короткое время осахаривания отмечено у сорта Валентин 90, тогда как сорт Георг при более продолжительном осахаривании обеспечил максимальную экстрактивность солода. Следовательно, в исследуемой выборке сортов продолжительность осахаривания не находилась в прямой зависимости от конечной экстрактивности сусла.

В лабораторных условиях трёхкратной повторности затирания показатели сортов воспроизводились с высокой сходимостью (коэффициент вариации <5%), что свидетельствует о достоверности полученных данных.Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Технологическая характеристика сортов озимого тритикале и ячменя

Сорт	Brix, %	Выход солода, %	ЧП (с)	Время осахаривания, мин
Георг	20,5	86	124	65
КС1	19,25	79	172	78
Валентин 90	15,5	83	208	47
Граник (контроль)	14,0	81	567	45

Исходя из данных в таблице 2, сорта Георг и КС1 соответствуют требованиям к сырью для производства высокоэкстрактивного солода,тогда как сорт валентин 90 и контрольный сорт ячменя граник в условиях ускоренного солодоращения уступают им по технологической ценности.

Генотипы тритикале на начальных этапах развития характеризуются более высокой физиологической активностью по сравнению с ячменём [9]. На рисунке 1 представлены образцы зерна после 22 ч замачивания: у ячменя Граник (1) интенсивное прорастание не наблюдалось, тогда как у всех сортов тритикале (2-4) отмечено активное образование корешков длиной до 64 мм, что подтверждает более высокую физиологическую активность тритикале на начальных этапах солодоращения.

Достоверность различий между сортами по экстрактивности сусла (Brix) подтверждена однофакторным дисперсионным анализом (ANOVA). Установлено, что влияние сортового фактора на экстрактивность высоко значимо ($F(3,8) = 617,47$; $p < 0,001$; таблица 3). Наименьшая существенная

1) 2) 3) 4)

Рисунок 1. Образцы зерна после первого дня замачивания:
1) Граник; 2) Валентин 90; 3) Георг; 4) КС1

Таблица 3. Результаты дисперсионного анализа экстрактивности сусла (Brix)

Источник вариации	SS	df	MS	F	p
Между сортами	84,52	3	28,17	617,47	<0,001
Внутри групп (ошибка)	0,37	8	0,05	-	-
Всего	84,88	11	-	-	-

$НСР_{05}$=0,42

разность ($НСР_{05}$) составила 0,42,что свидетельствует овысокой точности эксперимента. Сорт Георг (20,5% Brix) достоверно ($p < 0,05$) превосходит по экстрактивности сорта КС1 (19,25% Brix), Валентин 90 (15,5% Brix) и ячмень Граник (14,0% Brix). Различия между сортами КС1 и Валентин 90 также статистически значимы. Ячмень Граник показал минимальную экстрактивность (14,0% Brix), достоверно уступая всем сортам тритикале.

Визуальное распределение экстрактивности по сортам (рисунок 2) подтверждает результаты дисперсионного анализа: сорт Георг характеризуется наибольшей медианой и минимальным разбросом значений, что указывает на стабильность признака. Для сортов КС1 и Валентин 90 разброс значений сопоставим, однако медиана КС1 достоверно выше. Ячмень Граник демонстрирует наиболее низкие значения экстрактивности при минимальной вариабельности.

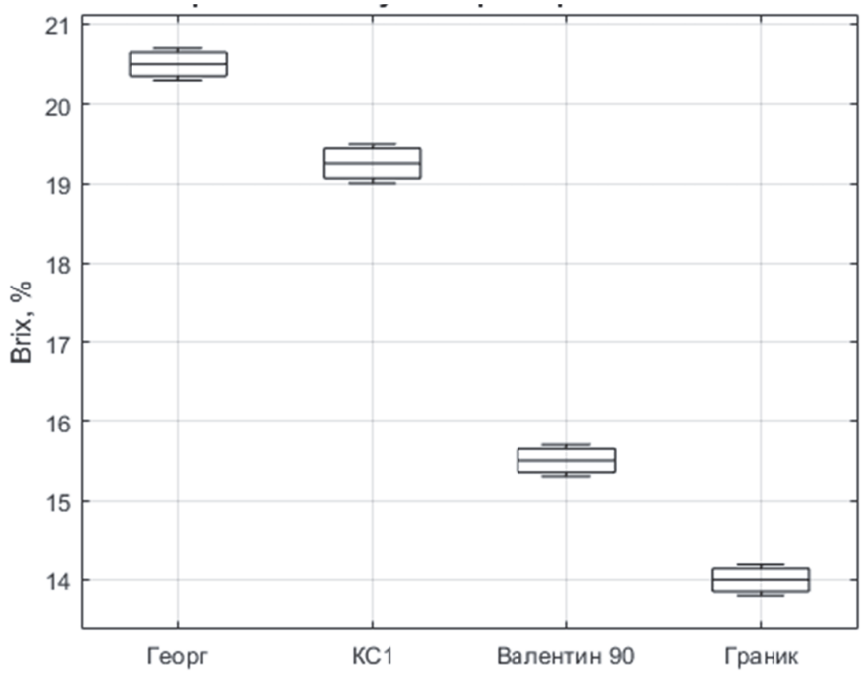

Рисунок 2. Экстрактивность (Brix, %) сусла сортов озимого тритикале и ячменя

ВЫВОДЫ

Установлено, что ускоренный режим солодоращения (замачивание 48 ч для ячменя и 22 ч для тритикале, проращивание 21 ч при 27°С, сушка 40°С - 10 ч, 60°С - 6 ч до влажности 6%) обеспечивает получение солода из тритикале с экстрактивностью до 87% на сухое вещество, что соответствует требованиям к пивоваренному солоду (не менее 78-80% на СВ).

Полученные результаты подтверждают возможность использования показателя экстрактивности солода в качестве дополнительного критерия технологической оценки сортов озимого тиртикале.

Выявлены сортовые различия по экстрактивности: сорт Георг (20,5% Brix, 87% на СВ) является наиболее перспективным для ускоренного солодоращения, превышая показатели сортов КС1 (19,25% Brix, 82% на СВ) и Валентин 90 (15,5% Brix, 66% на СВ). Эталонный ячмень Граник показал экстрактивность 14,0% Brix (60% на СВ).

Сорт Георг характеризовался максимальным выходом солода (86%), минимальным числом падения (124 с) и высоким временем осахаривания (65 мин), что указывает на его высокий ферментативный потенциал и пригодность для использования в бродильном производстве.

Предложенная технология ускоренного солодоращения позволяет рассматривать тритикале в качестве альтернативного сырья для бродильной промышленности, обеспечивая рациональное использование зерна с высоким ферментативным потенциалом. Наибольший технологический эффект достигнут у сорта Георг, что подтверждает целесообразность селекционной направленности на создание генотипов, пригодных для ускоренной переработки, и представляет интерес для дальнейшей селекции и промышленного использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Грабовец, А.И.* Тритикале / А.И. Грабовец, А.В. Крохмаль. – Ростов-на-Дону: Юг. 2019. – 240 с.
2. *Blum A.* The abiotic stress response and adaptation of triticale - a review // Cereal Res. Com. 2014. Vol. 42. P. 359-375. DOI: 10.1556/CRC.42.2014.3.1.
3. *Дьячук, Т.И.* Селекционная оценка генофонда тритикале (×Triticosecale Wittmack) мировой коллекции ВИР в условиях Поволжья / Т.И. Дьячук, А. Поминов, И. Кибкало и др. // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2015. – № 3. – С. 31-34.
4. *Грабовец, А.И.* Селекция тритикале для бродильного производства: итоги и проблемы / А.И. Грабовец, М.Б. Оверченко, Н.И. Игнатов и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – № 2(14).
5. *Liu X., Unaegbunam E., Stuart D.T.* Co-Production of Isobutanol and Ethanol from Prairie Grain Starch Using Engineered Saccharomyces cerevisiae // Fermentation. 2021. Vol. 7, № 3. P. 150. DOI: 10.3390/fermentation7030150
6. *Choi G.W., Kim Y., Moon S.K.* Bioethanol Production using Endogenous Triticale Enzyme // Microbiol. Biotechnol. Lett. 2021; 49(1): 88-94 https://doi.org/10.48022/mbl.2009.09005
7. Triticale and sorghum as feedstock for bioethanol production via consolidated bioprocessing / S.J.M. Malherbe, R.A. Cripwell., L. Favaro et al. // Renewable Energy. 2023. Vol. 206. P. 498-505. DOI: 10.1016/j.renene.2023.02.047
8. Triticale (×Triticosecale Wittmack) Breeding/ M. Mergoum, S. Sapkota, A. ElFatih et al. // Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals. Springer, 2019. P. 405-451. DOI: 10.1007/978-3-030-23108-8_11.
9. Pyramiding wheat pre-harvest sprouting resistance genes in triticale breeding / O. Moullet, G.D. Bermudez, D. Fossati et al. // Mol. Breeding. 2022. Vol. 42. P. 60. DOI: 10.1007/s11032-022-01327-3.
10. Pre-harvest sprouting in wheat: current status and future prospects / G. Singh, U.R. Kamble, V.Gupta et al. // Journal of Cereal Research. 2021. Vol. 13 (Spl-1). P. 1-22. DOI: 10.25174/2582-2675/2021/114484.
11. *Барнашова, Е.К.* Оценка влияния содержания α-амилазы на предуборочное прорастание зерна тритикале / Е.К. Барнашова, Е.А. Вертикова, С.В. Жилин // Генофонд и селекция растений : Материалы 7-й Международной конференции, Новосибирск, 10-12 апреля 2024 года. – Новосибирск: ФИЦ ИЦиГ СО РАН, 2024. – С. 39-41. – DOI: 10.18699/GPB2024-11.
12. *Акинина, В.Н.* Характеристика сортов и перспективных линий тритикале в условиях Нижнего Поволжья / В.Н. Акинина, Т.И. Дьячук, О.В. Хомякова и др. // Тритикале: материалы международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2022. – С. 42-52.
13. *Ильин, А.В.* Новый сорт ярового ячменя Граник / А.В. Ильин, Т.И. Степанова, И.А. Шарганова // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 2(68). – С. 23-26.
14. Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию. – URL: https://gossortrf.ru/registry/ (дата обращения: 09.07.2026).
15. *Баланов, П.Е.* Использование тритикале для производства солода / П.Е. Баланов, И.В. Смотраева, Д.В. Зипаев // Известия Санкт-Петербургского ГАУ. – 2017. – № 4(49). – С. 70-76.
16. *Зипаев, Д.В.* Использование зерна тритикале в качестве сырья для производства пива / Д.В. Зипаев, А.Г. Кашаев, К.А. Рыбакова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2015. – № 4(346). – С. 70-72.
17. *Фараджева, Е.Д.* Тритикале как нетрадиционное сырьё для пивоварения / Е.Д. Фараджева, Н.А. Болотов, А.Е. Чусова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2015. – № 4 (346). – С. 71-74.
18. Malting and Brewing Process Optimization of Elite Lines of Triticale for Beer Production / F. Nocente, G.De Francesco, O. Marconi et al. // Food and Bioprocess Technology. 2024. Vol. 17. № 4. P. 3346-3355. DOI: 10.1007/s11947-024-03337-x.

19. Is malting an absolute must? Native triticale as a stand-in for barley malt in the brewing process / M. Pribić, L. Mejić, S. Despotović et al. // Journal of the Science of Food and Agriculture. Sci Food Agric, 105: 1818-1829. https://doi.org/10.1002/jsfa.13959.

BREEDING AND TECHNOLOGICAL EVALUATION OF THE POTENTIAL OF WINTER TRITICALE VARIETIES FOR MALTING

© 2026 G.V. Styrev, S.N. Gaponov, L.V. Andreeva

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Agrarian Scientific Center of the South-East», Saratov, Russia

The article was submitted to the editors 15.07.2026

Citation link: Styrev G.V., Gaponov S.N., Andreeva L.V. Breeding and technological assessment of the potential of winter triticale varieties for malting // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural Sciences. 2026. Vol. 5. No. 2. P. 26-32.

The article presents the results of a breeding and technological evaluation of winter triticale varieties Georg, KS1, and Valentin 90 for malt extractivity under accelerated malting conditions. Malting was carried out according to an accelerated scheme: steeping for 22 h for triticale and 48 h for barley at 12-14°C with alternating water (8 h, water change every 2 h) and air (16 h, 22-24°C) phases, germination for 21 h at 27°C, stepwise drying (40°C - 10 h, 60°C - 6 h) to a moisture content of 6%. The extractivity of the wort was determined refractometrically using an RL-2 instrument on the Brix scale. The maximum extractivity (20.5% Brix, corresponding to 87% on dry matter basis) was observed in the variety Georg, characterized by the Vp-1Bc allele. The variety KS1 showed 19.25% Brix (82% on DM), the variety Valentin 90 - 15.5% Brix (66% on DM). The control barley Granik - 14.0% Brix (60% on DM). Statistically significant differences between varieties were revealed in extractivity, malt yield and falling number (ANOVA, $p<0.05$). The results obtained indicate the possibility of reducing the malting process from 5-7 days to 3-4 days using genetically predisposed varieties. The Georg variety is of interest for accelerated processing of triticale in the fermentation industry.
Keywords: triticale, breeding, malting, extractivity, varieties, Vp-1.

DOI: 10.37313/2782-6562-2026-5-2-26-32
EDN: LCXPSM

REFERENCES

1. *Grabovets A.I.* Tritikale [Triticale]. Rostov-na-Donu: Yug. 2019. 240 s.
2. *Blum A.* The abiotic stress response and adaptation of triticale - a review // Cereal Res. Com. 2014. Vol. 42. P. 359-375. DOI: 10.1556/CRC.42.2014.3.1.
3. [Breeding assessment of the triticale (×Triticosecale Wittmack) gene pool from the VIR world collection under the conditions of the Volga region] / T.I. D'yachuk, A. Pominov, I. Kibkalo et al. // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 2015. № 3. S. 31-34.
4. [Triticale breeding for fermentation production: results and challenges] / A.I. Grabovets, M.B. Overchenko, N.I. Ignatov et al. // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2015. № 2 (14).
5. *Liu X., Unaegbunam E., Stuart D.T.* Co-Production of Isobutanol and Ethanol from Prairie Grain Starch Using Engineered Saccharomyces cerevisiae // Fermentation. 2021. Vol. 7, № 3. P. 150. DOI: 10.3390/fermentation7030150
6. *Choi G.W., Kim Y., Moon S.K.* Bioethanol Production using Endogenous Triticale Enzyme // Microbiol. Biotechnol. Lett. 2021; 49(1): 88-94 https://doi.org/10.48022/mbl.2009.09005
7. Triticale and sorghum as feedstock for bioethanol production via consolidated bioprocessing / S.J.M. Malherbe, R.A. Cripwell., L. Favaro et al. // Renewable Energy. 2023. Vol. 206. P. 498-505. DOI: 10.1016/j.renene.2023.02.047
8. Triticale (×Triticosecale Wittmack) Breeding/ M. Mergoum, S. Sapkota, A. ElFatih et al. // Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals. Springer, 2019. P. 405-451. DOI: 10.1007/978-3-030-23108-8_11.
9. Pyramiding wheat pre-harvest sprouting resistance genes in triticale breeding / O. Moullet, G.D. Bermudez, D. Fossati et al. // Mol. Breeding. 2022. Vol. 42. P. 60. DOI: 10.1007/s11032-022-01327-3.
10. Pre-harvest sprouting in wheat: current status and future prospects / G. Singh, U.R. Kamble, V.Gupta et al. // Journal of Cereal Research. 2021. Vol. 13 (Spl-1). P. 1-22. DOI: 10.25174/2582-2675/2021/114484.
11. *Barnashova E.K., Vertikova E.A., Zhilin S.V.* Otsenka vliyaniya soderzhaniya α-amilazy na preduborochnoe prorastanie zerna tritikale [Assessment of the effect of α-amylase content on pre-harvest germination of triticale grain] // Genofond i selektsiya rastenii : Materialy 7-i Mezhdunarodnoi konferentsii, Novosibirsk, 10-12 aprelya 2024 goda. Novosibirsk: FITs ITsiG SO RAN, 2024. S. 39-41. DOI: 10.18699/GPB2024-11.
12. Kharakteristika sortov i perspektivnykh linii tritikale v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya [Characteristics of varieties and promising triticale lines in the conditions of the Lower Volga region] / V.N. Akinina, T.I. D'yachuk, O.V. Khomyakova et al. // Tritikale: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Rostov-na-Donu, 2022. S. 42-52.

13. *Il'in A.V., Stepanova T.I., Sharganova I.A.* [A new variety of spring barley, Granik] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 2 (68). S. 23-26.
14. Gosreestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu [State Register of Breeding Achievements Approved for Use]. Ofitsial'nyi sait: https://gossortrf.ru/registry/ (data obrashcheniya: 09.07.2026).
15. *Balanov P.E., Smotraeva I.V., Zipaev D.V.* [The use of triticale for malt production] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo GAU. 2017. № 4 (49). S. 70-76.
16. *Zipaev D.V., Kashaev A.G., Rybakova K.A.* [The use of triticale grain as a raw material for beer production] // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. 2015. № 4 (346). S. 70-72.
17. *Faradzheva E.D., Bolotov N.A., Chusova A.E.* [Triticale as an unconventional raw material for brewing] // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. 2015. № 4 (346). S. 71-74.
18. Malting and Brewing Process Optimization of Elite Lines of Triticale for Beer Production / F. Nocente, G.De Francesco, O. Marconi et al. // Food and Bioprocess Technology. 2024. Vol. 17. № 4. P. 3346-3355. DOI: 10.1007/s11947-024-03337-x.
19. Is malting an absolute must? Native triticale as a stand-in for barley malt in the brewing process / M. Pribić, L. Mejić, S. Despotović et al. // Journal of the Science of Food and Agriculture. Sci Food Agric, 105: 1818-1829. https://doi.org/10.1002/jsfa.13959

Gleb V. Styrev, Junior Researcher, Grain Quality Laboratory. E-mail: gstyrev@bk.ru
Sergey N. Gaponov, Deputy Director for Breeding, Candidate of Agricultural Sciences. E-mail: raiser_saratov@mail.ru
Lyubov V. Andreeva, Leading Researcher, Grain Quality Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences. E-mail: l.v.andreeva_75@mail.ru