

ВЛИЯНИЕ ОСЕННЕГО СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА

Н.Н. Ермошкина, научный сотрудник

Г.В. Артёмова, кандидат биологических наук

Н.В. Давыдова, кандидат сельскохозяйственных наук

А.С. Сурначев, научный сотрудник

К.К. Муслинов, научный сотрудник

А.А. Петрова, аспирант

Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия

E-mail: natali.erm@bk.ru

Ключевые слова: озимая рожь, озимая мягкая пшеница, озимая тритикале, сроки посева, осенняя вегетация, зимостойкость.

Реферат. Исследования по изучению осеннего состояния растений как фактора, влияющего на зимостойкость озимых пшеницы, ржи и тритикале, проведены на базе СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН в 2018–2021 гг. Морфологические показатели предзимнего состояния растений у зерновых культур (высота растений, количество побегов кущения и зеленая масса) во многом связаны со сроком посева (доля влияния 54,68–85,86 %) и генотипическими особенностями озимых культур (доля влияния 3,63–22,81 %). Наилучшие морфологические показатели выявлены при первом сроке посева, которые снижали свои параметры к третьему сроку. За период исследований отмечены более интенсивные рост, образование побегов кущения и формирование зеленой массы у растений озимой ржи при разных сроках посева по сравнению с тритикале и пшеницей. Помимо морфологических изменений растений наблюдались биохимические изменения (содержание сахаров в узле кущения). Процесс накопления сахаров обуславливался метеорологическими условиями года (доля влияния 30,36 %) и определялся биологическими особенностями культуры (доля влияния 18,69 %). Выявлено высокое содержание сахаров в узле кущения в 2020 г. у ржи – 34,3–43,4 %, у пшеницы – 22,8–32,5 и у тритикале – 28,4–37,3 %, что объясняется прохладными условиями вегетации, которые способствуют накоплению большего количества сахаров в узле кущения растений. При разных сроках посева высокие показатели содержания сахаров наблюдаются у озимой ржи: при первом – 36,5 %, втором – 26,8, третьем – 31,3 %. Тритикале превышает озимую рожь по содержанию сахаров при втором – 29,5 % и третьем сроке посева – 33,0 %. Высокими морфологическими и биохимическими показателями состояния растений в осенний период выделяется озимая рожь, которая имеет высокий уровень зимостойкости (80–100 %) при разных сроках посева. Установлена положительная корреляционная связь с высотой растений и коэффициентом кущения ($r = 0,90^* - 0,91^*$), что говорит о повышении зимостойкости при увеличении данных признаков. Пшеница и тритикале значительно уступают ржи, что связано с их пониженной устойчивостью к максимальным отрицательным температурам по сравнению с рожью. Выявлено, что повышению зимостойкости способствуют увеличение линейного роста, побегообразования растений и количества сахаров в узле кущения ($r = 0,34 - 0,93^*$) у пшеницы и максимальный уровень высоты и количества побегов кущения ($r = 0,84^* - 0,94^*$) у тритикале в осенний период.

INFLUENCE OF AUTUMN PLANT CONDITION ON COLD HARDINESS OF WINTER CEREAL CROPS AT DIFFERENT SOWING DATES

N.N. Ermoshkina, Research Scientist

G.V. Artyomova, PhD in Biological Sciences

N.V. Davydova, PhD in Agricultural Sciences

A.S. Surnachev, Research Fellow

K.K. Musinov, Research Fellow

A.A. Petrova, PhD Student

Institut of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

E-mail: natali.erm@bk.ru

Keywords: winter rye, soft wheat, winter triticale, sowing dates, autumn vegetation, cold hardiness.

Abstract. Research on the influence of autumn plant condition as a factor affecting the cold hardiness of winter wheat, rye, and triticale was conducted at the Siberian Scientific Research Institute of Plant Growing and Breeding, a branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, from 2018 to 2021. Morphological indicators of pre-winter plant condition in cereal crops (plant height, number of tillering shoots, and green mass) are primarily associated with the sowing date (contributing to 54.68–85.86%) and genotypic characteristics of winter crops (contributing to 3.63–22.81%). The best morphological indicators were observed with the first sowing date, which decreased by the third sowing date. Over the research period, more vigorous growth, the formation of tillering shoots, and the development of green mass were observed in winter rye compared to triticale and wheat, regardless of the sowing date. In addition to morphological changes in plants, biochemical changes were also observed (sugar content in the tillering node). The accumulation of sugars was influenced by the meteorological conditions of the year (contributing to 30.36%) and determined by the biological characteristics of the crop (contributing to 18.69%). High sugar content in the node of tillering of rye was found in 2020 - 34.3–43.4%, in wheat - 22.8–32.5%, and in triticale - 28.4–37.3%, which can be explained by excellent vegetative conditions promoting the accumulation of more sugars in the node of tillering of plants. At different sowing dates, high sugar content was observed in winter rye: in the first - 36.5%, the second - 26.8%, and the third - 31.3%. Triticale exceeded winter rye in sugar content in the second - 29.5% and third sowing date - 33.0%. Winter rye exhibited high morphological and biochemical indicators in autumn, contributing to its high cold hardiness (80–100%) at different sowing dates. A positive correlation was established with plant height and tillering coefficient ($r = 0.90^* - 0.91^*$), indicating increased cold hardiness with these traits. Wheat and triticale significantly lagged behind rye due to their lower resistance to extreme negative temperatures compared to rye. It was found that an increase in linear growth promotes increased cold hardiness, the formation of tillering shoots, and the amount of sugars in the node of tillering ($r = 0.34 \dots 0.93^*$) in wheat and the maximum height and number of tillering shoots ($r = 0.84^* \dots 0.94^*$) in triticale in the autumn period.

Озимые зерновые культуры имеют большое значение в производстве зерна, так как обладают существенными преимуществами по сравнению с яровыми. Главные из них – пластичность по ареалу распространения и приспособленность к регионам со сложными природно-климатическими условиями [1–3]. В Российской Федерации каждый регион характеризуется определённым комплексом природных условий, в том числе и спецификой проявления благоприятных или неблагоприятных факторов окружающей среды. Исходя из этого, изучение

сроков посева зерновых культур в условиях разных почвенно-климатических зон весьма актуально и имеет большое практическое значение [4–9]. В Западной Сибири из-за неблагоприятных климатических условий необходимы сорта озимых культур, обладающие высоким уровнем зимостойкости [10–13]. В этом регионе допущены к использованию 23 сорта пшеницы, 18 сортов ржи и 8 сортов тритикале, из них селекции СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН принадлежат 7 сортов пшеницы, 4 – ржи и 2 – тритикале [14] (табл. 1).

Таблица 1

**Сорта озимых зерновых культур селекции СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН
Winter cereal varieties from the breeding of SRIPGB– a Branch of ICG SB RAS**

Культура	Сорта (год включения в Госреестр)
Пшеница озимая	Новосибирская 32 (2004), Новосибирская 40 (2010), Новосибирская 51 (2011), Новосибирская 3 (2014), Новосибирская 2 (2015), Обская озимая (2018), Краснообская озимая (2021)
Рожь озимая	Короткостебельная 69 (1985), Тетра короткая (1986), Влада (2007), Сибирская 87 (2011)
Тритикале озимая	Цекад 90 (2005), Сирс 57 (2009)

Наиболее важные отрезки времени для озимых культур – осенний и зимний периоды, в

течение которых у сельскохозяйственных производителей существует возможность спрогно-

нозировать перезимовку растений и потенциальный урожай [15–18]. В осенний период вегетации растения озимых проходят этапы роста и развития, а также накопления необходимых питательных веществ для благоприятной перезимовки [19–22]. Растения становятся еще более устойчивыми против низких критических температур вымерзания: хорошо закаленная пшеница выдерживает понижение температуры у узла кущения до минус 18–20 °С, озимая рожь – до минус 23–24 °С и тритикале – до минус 19–21 °С [23, 24].

В зимний период при положительных температурах под снежным покровом растения медленно продолжают вегетировать, расходуя энергию и питательные вещества. Условия в эти периоды определяют жизнеспособность культуры в целом и напрямую влияют на ее продуктивность [25–27]. Поэтому главным условием благоприятной перезимовки является уход растений в зиму с максимальным количеством питательных веществ. В связи с этим необходимо уточнение сроков посева для определения степени оптимального развития растений озимых культур и уровня содержания сахаров в узле кущения, что в дальнейшем обеспечит хорошую перезимовку и повышение урожайности зерна [5, 6, 28–36]. Трудность выбора оптимального срока посева в Западной Сибири объясняется рядом причин: отсутствие надежных долгосрочных прогнозов погоды, короткий вегетационный период и раннеосенние заморозки.

Цель исследования – изучить осеннее состояние растений как фактора, влияющего на зимостойкость озимых пшеницы, ржи и тритикале.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в Сибирском научно-исследовательском институте растениеводства и селекции – филиале ИЦиГ СО РАН в 2018–2021 гг. Опытный участок расположен в Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. Сумма активных температур в зоне исследования колеблется в пределах 1600–2200 °С. Период активной вегетации растений равен 110–135 суток. Среднегодовое количество осадков составляет 250–500 мм в год, которые неравномерно распределены по сезонам года с максимумом в летние месяцы [37].

Посев проведен в три срока: 20 августа (первый срок), 1 сентября (второй срок) и 10

сентября (третий срок) по предшественнику черный пар. Общая площадь делянки в опытах – 10 м², повторность пятикратная. Норма высева для ржи – 5 млн всхожих семян на 1 га, а для пшеницы и тритикале – 6 млн. Почва участка представлена черноземом выщелоченным среднемоющим малогумусным среднесуглинистым, характеризующимися следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,2%, общего азота – 0,34, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 29 и 13 мг/100 г почвы соответственно, рН – 6,7–6,8, глубина пахотного слоя – 41–46 см [38].

Объектом исследования служили два сорта тетраплоидной озимой ржи (Влада и Тетра короткая), два сорта озимой мягкой пшеницы (Новосибирская 40 и Новосибирская 3) и один сорт тритикале (Сирс 57).

Для проведения учетов и наблюдений использовали методику Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [39]. В период прекращения вегетации перед установлением снежного покрова были взяты образцы растений зерновых культур для проведения лабораторных анализов: определяли линейные размеры листьев (высота главного побега от основания узла кущения до кончика верхнего листа), коэффициент кущения (количество побегов кущения высотой от 1 см) и зеленую массу (взвешивание производилось на лабораторных весах М-ER). Отбирали по 10 растений из двух повторений в период окончания осенней вегетации. Определение содержания сахаров в узлах кущения озимой ржи перед установлением снежного покрова проводилось по методике Бертрона [40]. Весной в полевых условиях определяли степень зимостойкости растений как процентное отношение числа перезимовавших растений к числу растений, ушедших в зиму.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием специальной компьютерной программы SNEDECOR V5. Для определения влияния действующих факторов на морфологические и биохимические показатели проведен трехфакторный дисперсионный анализ, а на зимостойкость – двухфакторный анализ. Корреляционный анализ выполняли с помощью коэффициента парных корреляций по Пирсону.

Агрометеорологические условия, по данным ГМОС «Огурцово», в годы проведения научных исследований значительно различались (табл. 2).

Метеоданные осеннего периода вегетации растений за 2018–2020 гг. (агрометеостанция «Огурцово») Meteorological data for the autumn vegetation period of plants for 2018–2020 (agrometeorological station "ogurtsovo")

Показатели	2018 г.			2019 г.			2020 г.		
	Срок посева								
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Продолжительность вегетации, сут	55	46	37	59	47	38	59	50	38
Сумма положительных температур, °С	632,1	480,0	378,8	644,1	448,5	334,1	576,5	436,3	279,9
Сумма осадков, мм	77,1	49,3	20,3	98,2	86,8	86,4	118,0	94,0	77,6

В 2018 г. осенний рост и развитие растений озимых проходили при высокой сумме положительных температур и непродолжительном периоде вегетации в сравнении с другими годами. При первом сроке посева (20 августа) сумма положительных температур составила 632,1°С (продолжительность вегетации – 55 суток), при втором (1 сентября) – 480,0 °С (46 суток), тогда как при третьем (10 сентября) – 378,8°С (37 суток). В начале сентября наблюдается умеренно теплая погода – 11,0–15 °С при избыточном количестве осадков. Со второй декады отмечается чередование высоких температур воздуха (максимум 23,1°С) с заморозками (минимум минус 2,5°С) при дефиците осадков.

В 2019 г. наблюдаются максимальная сумма положительных температур и продолжительность вегетации за годы исследований: при первом сроке посева – 644,1°С (59 суток), при втором – 448,5 °С (47 суток), а при третьем – 334,1 °С (38 суток). В период посева отмечается теплая погода (от 16,3 до 12,7°С) при дефиците осадков. Со второй декады сентября высокие температуры воздуха (максимум 23,4 °С) чередуются с низкими (минимум минус 4,4 °С) при избыточном количестве осадков.

В 2020 г. сумма температур была ниже, чем в 2018 и 2019 гг., при такой же продолжительности периода вегетации, как в 2019 г. При первом сроке посева растения озимых развивались при сумме положительных температур 576,5°С (продолжительность вегетации – 59 суток), при втором – 436,3°С (50 суток), а при третьем – 279,9°С (38 суток). Среднемесячная температу-

ра воздуха была на уровне среднеемноголетних данных при оптимальном количестве осадков. Третья декада сентября характеризуется дождливой и прохладной погодой с чередованием высоких температур воздуха (максимум 22,9°С) и заморозков (минимум -2,5°С)

Условия для закалки растений были благоприятными во все годы. Более теплым был октябрь в 2018 и 2019 гг. Температура воздуха отмечалась выше нормы и варьировала от 4,8 до 5,7 °С при дефиците осадков. Более прохладным был 2020 г. с температурой воздуха в октябре 3,8°С при нормальном количестве осадков. Прекращение осенней вегетации приходилось на вторую декаду (14–19 октября). Снежный покров установился раньше в 2018 г. (1 ноября), чем в 2019 и 2020 гг. (9 ноября и 13 ноября соответственно). В начале третьей декады ноября в 2019 г. наблюдались аномально низкие температуры воздуха – до минус 37 °С при снежном покрове 7,5–12 см, когда температура почвы на глубине залегания узла кущения более трех суток держалась на уровне минус 20°С. Для определения минимальной температуры почвы на глубине узла кущения (ГУК) использовали график, предложенный А. М. Шульгиным [41].

Зимний период во время исследования был благоприятным для перезимовки. Снежный покров варьировал от 56 до 67 см. Минимальная температура почвы на ГУК достигала минус 11°С.

Дата возобновления весенней вегетации в 2019 и 2021 гг. соответствовала среднеемно-

голетним данным (25 апреля). В 2020 г. возобновление вегетации наступило на 10 дней раньше нормы (14 апреля). В весенний период сложились благоприятные условия для роста и развития растений озимых культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам трехфакторного дисперсионного анализа выявлены различия влияния разных факторов и их взаимодействия на морфологические (высота растений, количество побегов кущения, зеленая масса) и биохимические показатели (накопление сахаров в узле кущения растений) озимых культур в осенний период (табл. 3). На вышеперечисленные параметры оказывают достоверное влияние варианты, отражающие изменчивость, вызванные биологическими особенностями культуры (В), сроками посева (С) и взаимодействием срока посева с окружающей средой (АС). Варианта, отражающая изменчивость

воздействия окружающей среды (А) и взаимодействие генотипа культуры со сроками посева (ВС) оказывает достоверное влияние на такие признаки, как высота растений и накопление сахаров в узле кущения растений зерновых культур. Взаимодействие окружающей среды с биологическими особенностями культуры (АВ) оказывает достоверное влияние на уровень содержания сахаров в узле кущения. Вариансы, отражающие другие виды изменчивости и их взаимодействия, по вышеуказанным признакам недостоверны.

Наибольший вклад изменчивости по морфологическим признакам обусловлен сроками посева (С) и достигает 54,80–85,86 %. По биохимическим признакам максимальный вклад изменчивости обусловлен условиями года (А) и составил 30,36 %. Изменчивость, вызванная взаимодействием двух факторов (А × С), составляет 8,16–14,42 % на 5%-м уровне значимости.

Таблица 3

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа по морфологическим и биохимическим показателям растений озимых зерновых культур (2018–2021 гг.)

Results of three-factor analysis of variance for morphological and biochemical indicators of winter cereal plants (2018–2021)

Факторы	Высота растений		Коэффициент кущения		Зеленая масса		Содержание сахаров в узле кущения	
	F _{факт}	%	F _{факт}	%	F _{факт}	%	F _{факт}	%
Общая изменчивость		100		100		100		100
Фактор А(год)	42,25*	7,74	0,11	0,03	3,01	1,29	31,55*	30,36
Фактор В (культура)	124,54*	22,81	15,25*	3,63	23,52*	10,12	19,42*	18,69
Фактор С (срок)	298,58*	54,68	360,36*	85,86	173,67*	74,72	6,94*	6,68
Взаимодействие АВ	3,61	1,32	2,13	1,02	0,61	0,52	5,90*	11,36
Взаимодействие АС	27,64*	10,12	17,13*	8,16	10,74*	9,24	7,49*	14,42
Взаимодействие ВС	7,10*	2,60	0,74	0,35	2,77	2,39	7,61*	14,64
Ошибка ABC		0,73		0,95		1,72		3,85

Примечание. Здесь и далее: F_{факт} – критерий Фишера фактический; F₀₅ – критерий Фишера теоретический при 5%-м уровне значимости; % – доля влияния фактора. *статистически значимо на критическом уровне 5 %.

Note. Here and below: Fact. – Fisher's actual criterion; F05 - Fisher's criterion theoretical at 5% significance level; % - the share of the influence of the factor; *statistically significant at the critical level of 5%.

При первом сроке посева (20 августа) отмечаются максимальные суммы положительных температур (от 576,5 до 644,1°C) и более продолжительный вегетационный период (от 55 до 59 суток) по сравнению с другими сро-

ками (табл. 4). При раннем посеве появление всходов растений отмечено на 7-е сутки, а кущение – на 14-е. Наблюдаются интенсивные ростовые процессы, максимальная высота растений достигает 35,9 см, формируется до 8,3

шт. побегов кущения и до 8,0 г зеленой массы. Наибольшее количество зеленой массы (от 4,3 до 8,0 г) сформировала рожь при высоте растений 29,1–35,9 см. Интенсивность кущения ржи варьировала от 6,3 до 8,3 побега. Пшеница, наоборот, превосходила рожь по линейному росту (26,4–33,2 см), а параметры зеленой массы (3,3–4,8 г) и кущения (5,8–7,5 побега) были снижены. Линейный рост тритикале значительно уступал линейному росту пшеницы и ржи

и варьировал в пределах от 19,7 до 27,7 см. Тритикале имела более интенсивное кущение – от 7,2 до 8,2 побега по сравнению с другими культурами. Погодные условия в 2019 и 2020 гг. способствовали максимальному линейному росту и формированию зеленой массы растений, а также более интенсивному кущению, которое связано с длительностью вегетации и наибольшей суммой положительных температур.

Таблица 4

Морфологические показатели предзимнего состояния растений озимых зерновых культур (2018–2020 гг.)
Morphological indicators of pre-winter plant condition of winter cereal crops (2018–2020)

Культура	1-й срок (20.08)			2-й срок (01.09)			3-й срок (10.09)		
	Высота, см	Коэффициент кущения, шт.	Зеленая масса, г	Высота, см	Коэффициент кущения, шт.	Зеленая масса, г	Высота, см	Коэффициент кущения, шт.	Зеленая масса, г
<i>2018 г.</i>									
Пшеница	26,4±1,1	5,8±0,5	3,3±0,3	21,3±0,6	4,1±0,3	1,5±0,1	21,2±0,5	3,2±0,2	1,0±0,1
Тритикале	20,0±0,5	7,2±0,3	3,5±0,2	17,1±0,8	6,1±0,5	2,5±0,3	17,0±0,6	3,9±0,4	1,5±0,1
Рожь	29,6±0,9	6,3±0,6	4,3±0,5	27,1±0,7	5,4±0,4	3,4±0,3	22,9±0,8	3,9±0,3	2,1±0,2
<i>2019 г.</i>									
Пшеница	33,2±1,2	6,7±0,5	4,8±0,3	22,4±0,6	4,8±0,2	2,0±0,1	18,5±0,5	2,2±0,1	0,7±0,01
Тритикале	27,7±1,7	8,0±0,7	5,5±0,4	18,0±0,4	4,8±0,2	1,9±0,1	13,8±0,3	2,9±0,2	0,7±0,01
Рожь	35,9±1,2	8,3±0,5	8,0±0,8	25,6±0,8	5,3±0,2	3,2±0,1	17,6±0,5	3,1±0,1	1,2±0,1
<i>2020 г.</i>									
Пшеница	26,7±1,6	7,5±0,6	4,8±0,7	21,1±0,7	5,0±0,4	2,0±0,2	16,0±0,6	1,6±0,2	0,4±0,01
Тритикале	19,7±0,9	8,2±1,0	4,3±0,6	17,8±0,6	5,1±0,5	2,3±0,3	12,1±0,3	1,8±0,2	0,4±0,01
Рожь	29,1±1,5	8,0±0,6	7,0±0,7	21,2±1,3	6,1±0,3	3,5±0,3	14,0±0,5	2,1±0,1	0,6±0,1

При посеве во второй срок (1 сентября) сумма температур варьировала от 436,3 до 480,0°C, а длительность вегетационного периода составила 46–50 суток. В этих условиях растения озимых культур отличались по выраженности морфологических признаков от растений первого срока посева. Период «посев – всходы» наступил на 7–9-е сутки, «посев – кущение» – на 15–19-е. Показатели морфологических признаков растений относительно первого срока (20 августа) уменьшились: вы-

сота растений – до 27,1 см, количество побегов кущения – до 6 шт., зеленая масса – до 3,5 г. У озимой ржи по сравнению с другими культурами наблюдаются высокие показатели линейного роста (21,2–27,1 см), количества побегов кущения (5,3–6,1 шт.), зеленой массы (3,2–3,5 г). Высота растений озимой пшеницы значительно выше тритикале и равнялась 21,1–22,4 см, в то же время количество побегов кущения и зеленая масса в 2019 и 2020 гг. находились на одном уровне с тритикале. Однако при бо-

лее низких показателях линейного роста по сравнению с пшеницей и рожью у тритикале сохранился высокий уровень побегообразования – 4,8–6,1 шт. Морфологические показатели состояния растений были на одном уровне по годам, что связано с равной величиной суммы положительных температур и продолжительности вегетации.

При третьем сроке посева (10 сентября) сумма температур варьировала в пределах от 279,9 до 378,8°C, длительность вегетационного периода составила 37–38 суток и была минимальной по сравнению с другими сроками. Период «посев – всходы» наступил на 8–13-е сутки, «посев – кущение» – на 18–24-е. При третьем сроке посева отмечали снижение всех морфологических показателей растений в осенний период по сравнению с другими сроками. Наилучшие показатели по высоте растений (от 14 до 22,9 см), по кущению (от 2,1 до 3,9 побега) и зеленой массе (от 0,6 до 2,1 г) наблюдались у озимой ржи. Линейный рост (16–21,2 см) и количество побегов кущения (1,6–3,2 шт.) пшеницы был на уровне с озимой рожью, а зеленая масса (1,0–0,4 г) – на уровне тритикале. Тритикале уступала другим культурам по высоте растений (12,1–17,0 см), но количество побегов кущения равнялось 1,8–3,9 шт. при средних параметрах зеленой массы (0,4–1,5 г).

Более благоприятными были условия в 2018 и 2019 гг. при сумме положительных температур более 300°C.

При изучении предзимнего состояния растений озимых зерновых культур были выявлены оптимальные морфологические показатели развития растений при посеве в ранние сроки (20 августа), которые снижались к третьему сроку (10 сентября). За период исследований отмечены более интенсивные рост, образование побегов кущения и формирование зеленой массы у растений озимой ржи при разных сроках посева по сравнению с тритикале и пшеницей. Таким образом, морфологические показатели предзимнего состояния растений во многом связаны со сроками посева и генотипическими особенностями озимых культур.

Помимо морфологических изменений растений происходят биохимические изменения. В осенний период наряду с ростом и развитием проходит процесс закаливания растений озимых культур. В этот период идет накопление запасных веществ, в частности сахаров. Наибольшую ценность представляют озимые культуры, которые больше накапливают сахаров и менее интенсивно их расходуют в процессе дыхания, тем самым обеспечивая растениям высокие показатели зимостойкости и морозостойчивости (табл. 5).

Таблица 5

Биохимические показатели предзимнего состояния растения озимых зерновых культур (2018–2020 гг.)
Biochemical indicators of pre-winter plant condition of winter cereal crops (2018–2020)

Культура	Содержание сахаров в узле кущения, %											
	1-й срок (20.08)				2-й срок (01.09)				3-й срок (10.09)			
	2018	2019	2020	среднее	2018	2019	2020	среднее	2018	2019	2020	среднее
Пшеница	24,2 ±1,0	20,1 ±1,6	22,8 ±0,9	22,4 ±2,4	25,7 ±1,1	26,3 ±1,0	27,7 ±1,2	26,6 ±1,2	22,9 ±1,1	27,3 ±1,0	32,5 ±1,1	27,6 ±5,4
Тритикале	28,3 ±0,1	26,3 ±0,2	28,4 ±0,1	27,7 ±1,3	31,4 ±0,3	24,7 ±0,1	32,3 ±0,4	29,5 ±4,7	29,4 ±0,2	32,4 ±0,1	37,3 ±0,2	33,0 ±4,5
Рожь	32,3 ±1,2	31,8 ±1,0	36,5 ±1,5	33,5 ±2,9	23,5 ±1,2	22,8 ±0,8	34,3 ±1,0	26,9 ±7,3	23,6 ±1,2	26,8 ±0,9	43,4 ±1,3	31,3 ±12,0

Содержание сахаров в узле кущения зависит от биологических особенностей озимых зерновых культур и сроков посева. При более длительном периоде вегетации (первый срок посева) наибольшее содержание сахаров в узлах кущения отмечалось у озимой ржи с максимальным значением в 2020 г. (36,5%). При втором сроке более высокий уровень накопления сахаров имела тритикале – 29,5 %, рожь

и пшеница – 26,8 и 26,6 %. При третьем сроке тритикале и рожь накапливают сахаров в среднем больше (33,0 и 31,3 % соответственно), чем пшеница (27,6 %). Установлено высокое содержание сахаров в узле кущения у озимой ржи при всех сроках посева: первом – 36,5 %, втором – 26,8, третьем – 31,3 %. Озимая тритикале превышает озимую рожь по содержанию сахаров при втором – 29,5 % и третьем сроке

посева – 33,0 %. Пшеница накапливает достаточное количество сахаров в узле кущения для перезимовки при всех сроках посева – от 20,1 до 32,5%.

Накопление сахаров в узле кущения растений озимых культур изменяется в зависимости не только от биологических особенностей культуры, но и от условий года. В 2020 г. отмечался более высокий уровень накопления сахаров: у ржи – 34,3–43,4%, у пшеницы – 22,8–32,5% и у тритикале – 28,4–37,3%, что объясняется прохладными условиями вегетации, которые способствуют накоплению большего количества сахаров в узле кущения растений.

Таким образом, на биохимические изменения предзимнего состояния растений озимых зерновых культур оказывают влияние метеорологические условия года и биологические особенности культуры.

Способность озимых культур переносить неблагоприятные факторы зимнего и ранневесеннего периодов определяется осенним состоянием растений и биологическими особенностями озимых культур при разных сроках посева и агрометеорологических условиях года, что подтверждается результатами сравнительной оценки зимостойкости (табл. 6). Согласно результатам двухфакторного дисперсионного анализа, зимостойкость зависела у озимой тритикале от фактора «год» на 93,46 %, а у озимой ржи от фактора «срок» на 77,89 %, которые были достоверны на 5 %-м уровне значимости. Достоверного влияния факторов на зимостойкость озимой пшеницы не выявлено.

Таблица 6

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по зимостойкости озимых зерновых культур (2018–2021 гг.)

Results of two-factor analysis of variance for the cold hardiness of winter cereal crops (2018–2021)

Факторы	Озимая пшеница, кг		Озимая тритикале		Озимая рожь	
	F _{факт}	%	F _{факт}	%	F _{факт}	%
Общая		100		100		100
Фактор А(год)	2,86	48,76	30,76*	93,46	0,71	5,81
Фактор В (срок)	1,00	17,08	0,15	0,46	9,55*	77,89
Взаимодействие АВ		34,16		6,08		16,30

*Статистически значимо на критическом уровне 5 %

В период 2019–2020 гг. наблюдается наибольшее влияние агрометеорологических условий года на зимостойкость озимых пшеницы и тритикале, что связано с вымерзанием растений из-за снижения температуры почвы на глубине залегания узла кущения до минус 20°C. В данный период у пшеницы было отмечено снижение зимостойкости только при втором и третьем сроке посева (33 и 5 % соответственно) (табл. 7). В то же время у тритикале зимостойкость снизилась при всех сроках посева до минимального уровня – от 6 до 29%. В благоприятные периоды 2018/19 и 2020/21 гг. у озимой тритикале наблюдалось увеличение зимостойкости от первого срока (74 %) к третьему (98%). В тот же период растения озимой пшеницы имели равнозначную зимостойкость при всех сроках посева.

Самую высокую зимостойкость имела озимая рожь независимо от года исследования и сроков посева при сравнении с другими культурами. Выявлено повышение морфологических и биохимических параметров у озимой ржи

при первом сроке посева (20 августа) с зимостойкостью до 80%. К третьему сроку посева (10 сентября) вышеперечисленные параметры у ржи снижались и происходило повышение зимостойкости до 100%. Согласно научным исследованиям, озимая рожь является самой зимостойкой и морозостойкой зерновой культурой [42].

Самую высокую зимостойкость имела озимая рожь независимо от года исследования и сроков посева при сравнении с другими культурами. Выявлено повышение морфологических и биохимических параметров у озимой ржи при первом сроке посева (20 августа) с зимостойкостью до 80%. К третьему сроку посева (10 сентября) вышеперечисленные параметры у ржи снижались и происходило повышение зимостойкости до 100%. Согласно научным исследованиям, озимая рожь является самой зимостойкой и морозостойкой зерновой культурой [42].

Зимостойкость растений озимых зерновых культур (2018–2021 гг.)
Cold hardiness of winter cereal plants (2018–2021)

Культура	1-й срок (20.08)				2-й срок (01.09)				3-й срок (10.09)			
	2018 /19	2019 /20	2020 /21	среднее	2018 /19	2019 /20	2020 /21	среднее	2018 /19	2019 /20	2020 /21	среднее
Пшеница	68,0 ±1,5	75,0 ±2,3	75,0 ±2,0	73,0 ±4,6	68,0 ±1,6	33,0 ±2,1	75,0 ±1,9	59,0 ±25,5	68,0 ±2,3	5,0 ±1,3	75,0 ±2,2	49,0 ±43,6
Тритикале	74,0 ±1,5	29,0 ±1,9	80,0 ±2,6	61,0 ±31,5	89,0 ±1,6	9,0 ±1,0	95,0 ±1,7	64,0 ±54,3	97,0 ±1,2	6,0 ±1,8	98,0 ±1,7	67,0 ±59,8
Рожь	83,0 ±3,0	84,0 ±2,4	80,0 ±1,9	82,0 ±2,4	92,0 ±2,0	91,0 ±1,8	94,0 ±1,5	92,0 ±1,7	100,0 ±0,1	89,0 ±1,7	98,0 ±0,9	96,0 ±6,6

Самую высокую зимостойкость имела озимая рожь независимо от года исследования и сроков посева при сравнении с другими культурами. Выявлено повышение морфологических и биохимических параметров у озимой ржи при первом сроке посева (20 августа) с зимостойкостью до 80%. К третьему сроку посева (10 сентября) вышеперечисленные параметры у ржи снижались и происходило повышение зимостойкости до 100%. Согласно научным исследованиям, озимая рожь является самой зимостойкой и морозостойкой зерновой культурой [42].

Таким образом, снижение зимостойкости в неблагоприятный год связано с пониженной устойчивостью к отрицательным температурам до минус 18°C у тритикале и пшеницы по сравнению с рожью.

По результатам корреляционного анализа были обнаружены положительные и отрицательные связи между зимостойкостью и признаками осеннего состояния растений озимых зерновых культур. Достоверный коэффициент корреляции составил 0,67 при 5%-м уровне значимости. Положительная сильная корреляционная связь зимостойкости с высотой растений и количеством побегов кушения выявлена у пшеницы (коэффициент корреляции $r = 0,87^* - 0,93^*$), у тритикале ($r = 0,84^* - 0,94^*$) и ржи ($r = 0,90^* - 0,91^*$), что говорит о повышении зимостойкости при увеличении данных признаков. Корреляция зимостойкости с зеленой массой, наоборот, выявила отрицательную связь у всех зерновых культур: $r = -0,23 \dots -0,87^*$. Достоверная связь данного признака с зимостойкостью подтверждается у пшеницы и тритикале ($r = -0,87^*$ и $r = -0,72^*$ соответственно), следовательно, при снижении зеленой массы повышается зимостойкость.

Коэффициенты корреляции между зимостойкостью и содержанием сахаров в узле кушения у растений у озимых тритикале и ржи

имели отрицательную связь ($r = -0,23$ и $r = -0,69^*$ соответственно), при этом данные культуры имели максимальные значения количества сахаров в узле кушения. У пшеницы, наоборот, выявлена средняя положительная корреляция ($r = 0,34$) с более низкими показателями количества сахаров в сравнении с тритикале и рожью.

ВЫВОДЫ

1. Морфологические показатели предзимнего состояния растений во многом связаны со сроком посева (доля влияния 54,68–85,86 %) и генотипическими особенностями озимых культур (доля влияния 3,63–22,81 %). Процесс накопления сахаров обуславливается метеорологическими условиями года (доля влияния 30,36 %) и биологическими особенностями культуры (доля влияния 18,69 %).

2. Согласно результатам двухфакторного дисперсионного анализа, зимостойкость зависела у озимой тритикале от фактора «год» на 93,46 %, а у озимой ржи от фактора «срок» на 77,89 %, которые были достоверны на 5 %-м уровне значимости. Достоверного влияния факторов на зимостойкость озимой пшеницы не выявлено.

3. Озимая рожь независимо от года исследования и сроков сева превосходит озимые пшеницу и тритикале как по интенсивности ростовых процессов, побегообразования, так и по накоплению сахаров, что способствует формированию наиболее высокого уровня зимостойкости – 80–100%. Установлена положительная корреляционная связь с высотой растений и коэффициентом кушения ($r = 0,90^* - 0,91^*$), что говорит о повышении зимостойкости при увеличении данных признаков.

4. Озимая пшеница уступает ржи и тритикале по морфологическим и биохимическим параметрам при разных сроках посева. В благоприятных условиях зимостойкость пшеницы сохранялась на одном уровне во всех вариантах опыта. Снижение зимостойкости наблюдается при втором и третьем сроках посева при неблагоприятных условиях вегетации. Обнаружено, что увеличение высоты растений, коэффициента кущения и количества сахаров в узле кущения ($r = 0,34-0,93^*$) способствует повышению зимостойкости.

5. Озимая тритикале уступает по линейному росту пшенице и ржи, но в то же время

превосходит пшеницу по количеству побегов кущения, зеленой массе и накоплению сахаров в узле кущения при разных сроках посева. Зимостойкость в благоприятных условиях повышалась от первого срока посева к третьему. В критических условиях зимнего периода зимостойкость снижалась при всех сроках посева. Для увеличения зимостойкости необходим максимальный уровень показателей высоты растений и коэффициента кущения ($r = 0,84^*-0,94^*$) в осенний период.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИЦиГ СО РАН (проект № FWNR-2022-0018)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Значение озимой и яровой пшеницы в производстве продуктов питания / Н.В. Долгополова, В.А. Скрипин, О.М. Шершнева, Ю.В. Алябьева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 5. – С. 52–56.
2. Горбатко Л.С., Горбатко И.А. Подходы и модель размещения производства зерновых культур в региональной агроэкосистеме // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – № 2 (22). – С. 129–134.
3. Уточнение оптимальных сроков сева озимых зерновых культур в связи с потеплением климата Беларуси за последние 25 лет / Ф.И. Привалов, В.В. Холодинский, И.Г. Бруй [и др.] // Земледелие и растениеводство. – 2021. – № 2 (135). – С. 14–17.
4. Каримов Х.З., Каримов И.З., Газизянов Р.Г. Изучение сроков сева озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 11. – С. 34.
5. *Planting Date Effects on Winter Triticale Grain Yield and Yield Components* / A.J. Schwarte, L.R. Gibson, D.L. Karlen [et al.] // *Crop Science*. – 2006. – Vol. 46 (3). – P. 1218–1220.
6. *Nleya T., Rickertsen J.R. Winter Wheat Response to Planting Date under Dryland Conditions* // *Agronomy Journal*. – 2014. – Vol. 106 (3). – P. 915–924.
7. Авраменко С.В. Стабилизация урожайности пшеницы озимой при экстремально поздних сроках сева в левобережной Лесостепи Украины / С.В. Авраменко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 72–76.
8. Свистунова И.В., Батыр М.В. Устойчивость растений тритикале озимого к перезимовке в зависимости от сроков сева и сорта // Пища. Экология. Качество: сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. – Барнаул: Алт. гос. ун-т, 2019. – Т. 2. – С. 178–181.
9. *Fowler D.B. Influence of date of seeding on yield and other agronomic characters of winter wheat and rye grown in Saakatchewan* // *Canadian Journal plant science*. – 1983. – Vol. 63. – P. 109–113.
10. *Bobomirzayev P., Tursunov Sh. Dates and norms of sowing new varieties of winter wheat on irrigated lands of the Zarafshan valley* // *Hunan Daxue Xuebao /Journal of Hunan University Natural Sciences*. – 2022. – Vol. 49, N 01. – P. 141–143
11. Горбатенко В.П., Пустовалов К.Н., Константинова Д.А. Конвективный потенциал атмосферы Западной Сибири в условиях меняющегося климата // *Enviromis 2020*: избр. тр. Междунар. конф. и школы молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды, Томск, 7–11 сент. 2020 г. – Томск: Том. центр науч.-техн. информ., 2020. – С. 3–7.
12. *Improving and Maintaining Winter Hardiness and Frost Tolerance in Bread Wheat by Genomic Selection* / S. Michel, F. Löschenberger, J. Hellinger [et al.] // *Front. Plant Sci*. – 2019. – Т. 10, N 1195. – P. 11.
13. *Understanding effects of genotype environment sowing windowinteractions for durum wheat in the Mediterranean basin* / G. Padovan, P. Martre, M.A. Semenov [et al.] // *Field Crops Research*. – 2020. – Vol. 259, N 107969. – P. 2–5.

14. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1: Сорты растений (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 646 с.
15. Перезимовка и урожайность зерна озимых ржи и тритикале в зависимости от срока посева / Т.С. Вершинина, С.Л. Елисеев, В.А. Попов, О.В. Фотина // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 3 (15). – С. 11–16. – EDN: WKYCER.
16. Ewert F. Spikelet and floret initiation on tillers of winter triticale and winter wheat in different years and sowing dates // Fild Crops Research. – 1996. – Vol. 47, N 2–3. – P. 155–166.
17. Rasmussen I.A. The effete of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat // Weed research. – 2004. – Vol. 44, N 1. – P. 12–20.
18. Influence of Planting Date on Winter Rye Performance in Kentucky / E. Szuleta, T. Phillips, C.A. Knott [et al.] / Agronomy. – 2022. – Vol. 12, N 2887. – P. 19.
19. Тихонова О.С. Реакция озимых зерновых культур на приемы посева в Среднем Предуралье: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Пермь, 2006. – 19 с.
20. Письменная Е.В., Азарова М.Ю. Оценка состояния посевов озимой пшеницы в осенний период в засушливой зоне Ставропольского края // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2019. – № 1 (11). – С. 43–53.
21. Павловская И.А. Полевая всхожесть и зимостойкость озимой тритикале в зависимости от агротехнологических параметров посева в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // Тритикале: материалы заседания секции тритикале ОСХН РАН онлайн, Ростов-на-Дону, 9 июня 2020 г. – Ростов-н/Дону: Юг, 2021. – С. 192–199.
22. Schönberger H. Weizen noch vor der Gerste säen? // Die landwirtschaftliche Zeitschrift. – 2000. – N 9, P. 64–67.
23. Lühe H., Hartman G. Tipps zur Intensität in Triticale // Die landwirtschaftliche Zeitschrift. – 2003. – N 3. – P. 62–67.
24. Rogen – Getreide mit Zukunft [электронный ресурс]. – URL: <http://dnb.ddb.de>>abrufbar (дата обращения: 08.01.2008).
25. Рослинництво: Підручник / В.В. Базалій, О.І. Зінченко, Ю.О. Лавриненко [и др.]. – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – 520 с.
26. Давидянц Э.С., Ерошенко Ф.В. Состояние, тенденции и пути оптимизации производства качественного зерна озимой пшеницы в Ставропольском крае // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 6. – С. 21–26.
27. Иванова М.С. Влияние срока посева семян на рост и развитие растений озимых культур в осенний период в условиях Среднего Урала // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: сб. докл. XIV Междунар. науч.-практ. конф., Великие Луки, 11–12 апр. 2019 г. – Великие Луки: Великолук. ГСХА, 2019. – С. 17–23.
28. Влияние условий осенней вегетации на перезимовку озимой ржи и пшеницы при разных сроках посева / Н.Н. Ермошкина, Г.В. Артемова, П.И. Степочкин [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51, № 2. – С. 30–39.
29. Уткина Е.И., Кедрова Л.И. Зимостойкость озимой ржи: проблемы и решения // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 1 (62). – С. 11–18.
30. Уточнение оптимальных сроков сева озимых зерновых культур в связи с потеплением климата Беларуси за последние 25 лет. / Ф.И. Привалов, В.В. Холодинский, И.Г. Бруй, В.А. Шантыр, Н.Л. Холодинская // Земледелие и растениеводство. – 2021. – № 2. – С. 14–17.
31. Потапова Г.Н., Иванова М.С. Влияние сроков посева и нормы высева семян на осеннюю вегетацию, зимостойкость и урожайность озимых зерновых культур // Интерактивная наука. – 2017. – № 11 (21). – С. 69–75.
32. Пономарев С.Н., Маннапова Г.С., Пономарева М.Л. Изменение климатических параметров и сроки сева озимой ржи в Республике Татарстан // Земледелие. – 2014. – № 6. – С. 26–30.
33. Козлов В.Е. Сравнение способов получения генетического разнообразия для селекции пшеницы на зимостойкость в условиях Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 232–239.
34. Гриб С.И., Булавина Т.М. Зависимость сроков сева и норм высева семян озимого тритикале от условий выращивания // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2004. – № 40. – С. 69–77.

35. Жолобова М.С., Потапова Г.Н. Влияние элементов технологии возделывания на зимостойкость и урожайность озимого тритикале в условиях Среднего Урала // Тритикале: материалы междунар. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 7 июня 2012 г. – Ростов-н/Д: Дон. зонал. НИИСХ, 2012. – С. 167–171.
36. Тарасова Л.Л. Оценка агрометеорологических показателей условий зимовки озимых зерновых культур в центральных черноземных областях в условиях климатических изменений // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2016. – № 360. – С. 26–44.
37. Воронина Л.В., Грищенко А.Г. Климат и экология Новосибирской области. – Новосибирск: Сиб. гос. ун-т геосистем и технологий, 2012. – 228 с.
38. Семендяева Н.В., Ковешникова Л.А., Крупская Т.Н. Водопрочность структуры и содержание гумуса в черноземах выщелоченных Новосибирского Приобья в различных севооборотах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 6(68). – С. 31–37.
39. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2: Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кириловской. – М.: Калинин. обл. тип., 1989. – 194 с.
40. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
41. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование. – Л.: Гидрометиздат, 1967. – 302 с.
42. Umarov R.A, Azizov B.M. Influence of Sowing Dates and Nutritional Background on the Formation of the Yield of Winter Rye // International Journal on Integr. – 2021. – Vol. 4 (11). – P. 218–223.

REFERENCES

1. Dolgopolova N.V., Skripin V.A., Shershneva O.M., Alyab'eva Yu.V., Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2009, No. 5, pp. 52–56. (In Russ.)
2. Gorbato L.S., Vestnik APK Stavropol'ya, 2016, No. 2 (22), pp. 129–134. (In Russ.)
3. Privalov F.I., Kholodinskii V.V., Brui I.G. i dr., Zemledelie i rastenievodstvo, 2021, No. 2 (135), pp. 14–17. (In Russ.)
4. Karimov Kh.Z., Karimov I.Z., Gazizyanov R.G., Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2007, No. 11, pp. 34. (In Russ.)
5. Schwarte A.J., Gibson L.R., Karlen D.L., Dixon Ph.M., Liebman M., Jannink J.-L., Planting Date Effects on Winter Triticale Grain Yield and Yield Components, Crop Science, 2006, Vol. 46 (3), pp. 1218–122.
6. Nleya T., Rickertsen J.R., Winter Wheat Response to Planting Date under Dryland Conditions, Agronomy Journal, 2014, No. 106 (3), pp. 915–924.
7. Avramenko S.V., Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2017, No. 4, pp. 72–76. (In Russ.)
8. Svistunova I.V., Batyr M.V., Pishcha. Ekologiya. Kachestvo (Food. Ecology. Quality), Sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Barnaul: Altaiskii gosudarstvennyi universitet, 2019, Vol. 2, pp. 178–181. (In Russ.)
9. Fowler D.B., Influence of date of seeding on yield and other agronomic characters of winter wheat and rye grown in Saakatchewan, Canadian Journal plant science, 1983, Vol. 63, pp. 109–113.
10. Bobomirzayev P., Tursunov Sh., Dates and norms of sowing new varieties of winter wheat on irrigated lands of the Zarafshan Valley, Journal of Hunan University Natural Sciences, 2022, Vol. 49, No. 01, pp. 141–143.
11. Gorbatenko V.P. Pustovalov K.N., Konstantinova D.A., Enviromis 2020, Izbrannye trudy Mezhdunarodnoi konferentsii i shkoly molodykh uchenykh po izmereniyam, modelirovaniyu i informatsionnym sistemam dlya izucheniya okruzhayushchei sredy, Tomsk: Tomskii tsentr nauchno-tekhnicheskoi informatsii, 2020, pp. 3–7. (In Russ.)

12. Michel S., Löschenberger F., Hellinger J., Strasser V., Ametz C., Pachler B., Sparry E., Bürstmayr H., Improving and Maintaining Winter Hardiness and Frost Tolerance in Bread Wheat by Genomic Selection, *Front. Plant Sci.*, 2019, Vol. 10, No. 1195, 11 p.
13. Padovan G., Martre P., SemeNo.v M.A., Masoni A., Bregaglio S., Ventrella D., Lorite I.J., Santos C., Bindi M., Ferrise R., Dibari C., Understanding effects of genotype \times environment \times sowing window interactions for durum wheat in the Mediterranean basin, *Field Crops Research*, 2020, Vol. 259, No. 107969, pp. 2–5.
14. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T.1. «Sorta rastenii» (State register of selection achievements approved for use. T.1: Plant varieties), Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2022, 646 p.
15. Vershinina T.S., Eliseev S.L., Popov V.A., Fotina O.V., *Permskii agrarnyi vestnik*, 2016, No. 3 (15), pp. 11–16. (In Russ.)
16. Ewert F., Spikelet and floret initiation on tillers of winter triticale and winter wheat in different years and sowing dates, *Field Crops Research*, 1996, Vol. 47, No. 2–3, pp. 155–166.
17. Rasmussen I.A., The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat, *Weed Research*, 2004, Vol. 44, No. 1, pp. 12–20.
18. Szuleta E., Phillips T., Knott C.A. [et al.], Influence of Planting Date on Winter Rye Performance in Kentucky, *Agronomy*, 2022, Vol. 12, No. 2887, 19 p.
19. Tikhonova O.S., Reaktsiya ozimnykh zernovykh kul'tur na priemy poseva v Srednem Predural'e (The reaction of winter grain crops to sowing methods in the Middle Urals), Extended abstract of candidates thesis, Perm', 2006. 19 s.
20. Pis'mennaya E.V. Azarova M. Yu., *Agropromyshlennye tekhnologii Tsentral'noi Rossii*, 2019, No. 1 (11), pp. 43–53. (In Russ.)
21. Pavlovskaya I.A., Materialy zasedaniya seksii tritikale OSKhN RAN online, Rostov-na-Donu: Yug, 2021, pp. 192–199. (In Russ.)
22. Schönberger H., Weizen Noch vor der Gerste säen?, *Die landwirtschaftliche Zeitschrift*, 2000, No. 9, pp. 64–67.
23. Lühe H., Hartman G., Tipps zur Intensität in Triticale, *Die landwirtschaftliche Zeitschrift*, 2003, No. 3, pp. 62–67.
24. Rogen – Getreide mit Zukunft: <http://dnb.ddb.de> abrufbar.
25. Bazalii V.V., Zinchenko O.I., Lavrinenko Yu.O., Salatenko V.N, Kokovikhin S.V., Domarits'kii E.O., *Roslinnistvo: Pidruchnik, Kherson: Grin' D.S.*, 2015, 520 p.
26. Davidyants E.S., Eroshenko F.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2017, Vol. 31, No. 6, pp. 21–26. (In Russ.)
27. Ivanova M.S., Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve (Scientific and technological progress in agricultural production): Abstracts of papers, 2019, pp. 17–23. (In Russ.)
28. Ermoshkina N.N., Artemova G.V., Stepanov P.I. [i dr.], *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2021, Vol. 51, No. 2, pp. 30–39. (In Russ.)
29. Utkina E.I., Kedrova L.I., *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2018, No. 1 (62), pp. 11–18. (In Russ.)
30. Privalov F.I., Kholodinskii V.V., Brui I.G. [i dr.], *Zemledelie i rastenievodstvo*, 2021, No. 2, pp. 14–17. (In Russ.)
31. Potapova G.N., Ivanova M.S., *Interaktivnaya nauka*, 2017, No. 11 (21), pp. 69–75. (In Russ.)
32. Ponomarev S.N., Mannapova G.S., Ponomareva M.L., *Zemledelie*, 2014, No. 6, pp. 26–30. (In Russ.)
33. Kozlov V.E., *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2012, Vol. 16, No. 1, pp. 232–239.
34. Grib S.I., Bulavina T.M., *Zemledelie i selektsiya v Belarusi*, 2004, No. 40, pp. 69–77. (In Russ.)
35. Zholobova M.S., Potapova G.N., Triticale (Triticale), *Proceedings of the Conference Title, Rostov-na-Donu: Donskoi zonal'nyi nauchno-issledovatel'skii institut sel'skogo khozyaistva*, 2012, pp. 167–171. (In Russ.)
36. Tarasova L.L., *Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiiskoi Federatsii*, 2016, No. 360, pp. 26–44. (In Russ.)

37. Voronina L.V., Gritsenko A.G., *Klimat i ekologiya Novosibirskoi oblasti (Climate and ecology of the Novosibirsk region)*, Novosibirsk: Sibirskii gosudarstvennyi universitet geosistem i tekhnologii, 2012, 228 p.
38. Semendyaeva N.V., Koveshnikova L.A., Krupskaya T.N., *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, No. 6 (68), pp. 31–37. (In Russ.)
39. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Vyp. 2. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury (Methodology of state variety testing of agricultural crops)*, Moscow: Kalininskaya obl. tipografiya, 1989. 194 p.
40. Ermakov A.I., *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii (Methods of biochemical research of plants)*, Leningrad: Agropromizdat, 1987, 430 p.
41. 41. Shul'gin A.M., *Klimat pochvy i ego regulirovanie (Soil climate and its regulation)*, Leningrad: Gidrometizdat, 1967, 302 p.
42. Umarov R.A., Azizov B.M., *Influence of Sowing Dates and Nutritional Background on the Formation of the Yield of Winter Rye*, *International Journal on Integr*, 2021, Vol. 4 (11), pp. 218–223.