

Исследования атмосферы и климата

УДК 633.11"324":631.524.85(045)

А.А. Быстров, А.И. Белолобцев, И.В. Изонин

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПЕРЕЗИМОВКУ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОЙ СТАНЦИИ РГАУ-МСХА

В данной статье рассмотрен один из ключевых этапов в онтогенезе озимой тритикале – зимний период, влияющий на состояние, дальнейший рост, развитие и урожайность культуры. Рассчитан коэффициент суровости зимы, приведена оценка опасных природных явлений и их влияния на состояние зимующих растений. Проанализированы многолетние данные метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Выполнен сравнительный анализ результатов полевых наблюдений, а так же определена устойчивость культуры к неблагоприятным условиям перезимовки. Исследования показывают высокую вероятность возникновения различных гидрометеорологических рисков и негативных процессов, характерных для зимнего периода последних десятилетий. Результаты позволяют оценить влияние складывающихся неблагоприятных агрометеорологических условий на безопасность перезимовки растений.

Ключевые слова: озимая пшеница, онтогенез, температура воздуха, температура почвы, условия перезимовки, узел кущения, суровость зимы.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-4-460-467

Последние десятилетия оказались самыми теплыми в более чем 140-летней истории регулярных наблюдений за погодой в России. Потепление климата влечет за собой необратимые экологические изменения важнейших свойств, функций и режимов агроландшафтов, приводящих к серьезным последствиям для обеспечения безопасного продукционного процесса сельскохозяйственных растений. Вегетационный период, процессы роста и развития озимых зерновых культур включают теплый и холодный сезоны, что в свою очередь предполагает учет влияния современных изменений комплекса абиотических факторов на продукционный процесс в течение всего года.

Климат относится не только к экологическим факторам, он так же имеет прямую устойчивую связь с экономикой и социальными отраслями. В настоящее время научная проблема климатических рисков вышла на уровень глобальных проблем XXI века. Различные исследования в этом направлении с каждым годом приобретают все больший масштаб, однако, как показывает практика, они зачастую носят противоречивый характер. В этой связи одним из приоритетных направлений в аграрной науке являются исследования, направленные на определение качественной и количественной оценки влияния климата на объекты и процессы агроландшафтов.

Основной производственной проблемой для озимых зерновых культур является вопрос успешной перезимовки. Одним из условий для этого является накопление защитных питательных веществ (сахаров) в осенний период, где характер погоды и сочетание метеорологических факторов имеют исключительно важное значение. В условиях неустойчивого зимнего периода [1] на фоне наблюдаемых глобальных климатических изменений достаточно сложно спрогнозировать, какой режим температуры и осадков будет в ожидаемый сезон [2]. Необходимы специализированные методы, позволяющие оценить условия, которые складываются в процессе перезимовки культур [3].

Целью исследования является сравнительный анализ метеорологических параметров зимнего периода текущего года с многолетними средними значениями, оценка опасных природных явлений и их влияние на культуру озимой тритикале, а также расчет коэффициента суровости зимы.

Объект и методы исследований

Исследования выполнены на базе полевой опытной станции РГАУ-МСХА второго поля селекционного севооборота, где возделывались различные культуры: озимая тритикале, озимая пшеница

и др. Изучались различные сортообразцы, такие как Тимирязевская 150, на примере которой и осуществлялись наблюдения.

Анализ текущих метеорологических параметров проводился в сравнении с оперативной климатической нормой (1991–2020 гг.) метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона.

Климат территории умеренно континентальный, с выраженными признаками сезонности. Среднегодовая температура составляет 6,4 °С, самым холодным месяцем является январь со средней температурой -6,1 °С, самым теплым – июль со среднемесячными значениями 19,8 °С. Вегетационный период в среднем длится от 100 до 150 дней. Количество выпадающих атмосферных осадков в течение года находится в пределах от 610 до 710 мм, большая их часть приходится на летний период. В среднем высота снежного покрова достигает отметки 18 см и более. Гидротермический коэффициент в среднем находится на уровне 1,1 [4].

На территории полевой станции преобладают суглинистые и супесчаные дерново-подзолистые почвы, образованные отложениями четвертичного периода. Содержание гумуса в пахотном слое в среднем составляет от 2,4-2,5 %; K₂O – 8,1-10,7 мг и P₂O₅ – 16,3-17,3 мг на 100 г почвы [5].

Посевы озимой тритикале Тимирязевская 150 производились в 2021-2022 гг., на делянках прямоугольной формы, площадь которых составила 10 м², количество рядков – 7, количество повторностей – 3. Норма высева составляет 4,5 млн всхожих семян/га.

Результаты и их обсуждение

Определение степени устойчивости озимых культур к осенним заморозкам – важный этап в исследовании, поскольку посев и первая фаза активной вегетации приходятся на данное время года. Сорты озимой тритикале относятся к группе наиболее устойчивых [6]. Растения данной группы выдерживают отрицательные температуры от -8,0 °С до -10,0 °С во время всходов, а максимум критической температуры для культуры может быть и заметно ниже. Этот вывод подкреплен многими исследованиями, в которых в качестве примера за критическую брали отрицательную температуру до -18,0 °С, по результатам которых можно сделать заключение, что озимые культуры в большинстве случаев могут успешно проходить процессы закалки осенью и процесс перезимовки при данных температурах [7].

Расчет комплексного показателя суровости зимнего периода 2021-2022 гг. выполнялся, основываясь на данных метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и формуле, предложенной А.М. Шульгиным [6]:

$$\bar{K} = \frac{t_m}{h}$$
$$\bar{K} = \frac{9,7}{17} = 0,6$$

где t_m – средний из абсолютных минимумов температуры воздуха за самый холодный месяц, °С; h – средняя высота снежного покрова за этот же период, см.

По полученному комплексному показателю была определена степень суровости зимы, где $K < 1$ характеризует зиму как мягкую или малосуровую.

При выполнении расчета по оценке агроклиматических условий перезимовки использовалась формула, предложенная В.А. Моисейчик для озимых культур [8]:

$$\bar{K} = 0,5 \frac{\bar{t}_{min}}{t_{kp}} + 1,4 \frac{\bar{H}}{\bar{n}} - 0,7$$
$$\bar{K} = 0,5 \frac{12,9}{18,0} + 1,4 \frac{18,6}{134} - 0,7 = 0,1$$

где \bar{t}_{min} – многолетняя средняя минимальная температура воздуха °С; t_{kp} – критическая температура вымерзания различных сортов озимых культур; \bar{H} – многолетняя средняя максимальная глубина промерзания почвы, см; \bar{n} – многолетняя средняя продолжительность периода со снежным покровом, сутки.

Данный показатель характеризует возможную площадь, на которой озимые культуры могут погибнуть зимой. Коэффициент используется для определения количественной оценки условий перезимовки озимых культур по показателю K (табл. 1) [9]:

Таблица 1

Количественная оценка условий перезимовки озимых культур по показателю К

Оценка условий перезимовки	Показатель К								
	<0,30	0,30-0,45	0,46-0,65	0,66-0,75	0,76-0,90	0,91-1,00	1,01-1,15	1,16-1,20	>1,20
Средняя многолетняя площадь погибших озимых Св, %	<20	16-20	8-15	6-7	0-5	6-7	8-15	16-20	<20
Оценка условий, баллы	1	2	3	4	5	4	3	2	1

Показатель $K < 1$ для данного случая характеризует ухудшение условий перезимовки для озимых культур, где возможные потери могут составить менее 20 % [6].

Существует ряд неблагоприятных факторов, которые оказывают влияние на состояние и безопасность перезимовки озимых культур. Например, вымерзание происходит вследствие длительных морозов, при отсутствии или недостатке снежного покрова и критической температуры на глубине узла кущения от -15°C до $-18,0^{\circ}\text{C}$ [10]. Выпревание наблюдается при длительном нахождении растений под снежным покровом, высота которого составляет более 30 см, промерзания почвы менее 50 см и температуре воздуха выше $-5,0^{\circ}\text{C}$, с общей продолжительностью сложившихся условий от четырех до шести декад [11].

Для определения таких условий, провоцирующих возможность появления различных негативных процессов, влияющих на рост и развитие тритикале в период перезимовки, было проведено исследование текущих агроклиматических факторов и их сочетаний: длительность различных периодов (даты выпадения первого снега, образования устойчивого снежного покрова, окончания снеготаяния, дата перехода среднесуточной температуры воздуха ниже $0,0^{\circ}\text{C}$, дата последнего заморозка весной и первого осенью; критической температуры на глубине узла кущения; характеристики снежного покрова; глубины промерзания почвы; температуры воздуха за исследуемый период.

Проведя сравнительный анализ многолетних данных метеорологической обсерватории В.А. Михельсона за 1991–2020 гг. (оперативной климатической нормы) и данных полевых наблюдений за 2021–2022 гг., по датам выпадения первого снега и окончания снеготаяния значительных отклонений не наблюдалось (табл. 2).

Таблица 2

Дата выпадения первого снега, образования устойчивого снежного покрова, окончания снеготаяния

Период, гг.	Дата выпадения первого снега	Дата образования устойчивого снежного покрова	Дата окончания снеготаяния
Оперативная климатическая норма, 1991–2020 гг.	15/X	25/XI	28/IV
2021–2022 гг.	19/X	01/XII	10/IV

Однако формирование устойчивого снежного покрова состоялось на 6 дней позже климатической нормы, что в очередной раз подтверждает общую тенденцию к смещению сроков начала зимы, а также сокращению общего количества дней с постоянными снегозапасами [12].

Сравнивая значения оперативной климатической нормы с данными за исследуемый период, можно отметить, что разница между числом дней с температурами выше $0,0^{\circ}\text{C}$ незначительна. Кроме того, количество дней в 2021 году с ярко выраженными положительными температурами выше $5,0^{\circ}\text{C}$ увеличилось на 18, а в 2022 году уменьшилось на 13. В 2021 году число дней с температурами выше $10,0^{\circ}\text{C}$ уменьшилось на 25, а в 2022 году количество дней увеличилось на 29 дней (табл. 3).

Рассматриваемый период исследований выдался теплее, так как общее количество дней с положительной температурой увеличилось, что в свою очередь положительно сказывается на развитии растений.

Таблица 3

Дата перехода и число дней со средней суточной температурой выше 0, 5, 10 °С

Период	Выше 0°С			Выше 5°С			Выше 10°С		
	Начало	Конец	Число дней	Начало	Конец	Число дней	Начало	Конец	Число дней
Оперативная климатическая норма, 1991–2020 гг.	15/III	22/XI	252	09/IV	21/X	195	27/IV	27/IX	153
2021	25/III	01/XII	251	10/IV	09/XI	213	10/V	15/IX	128
2022	19/III	-	-	08/IV	25/X	200	06/V	10/X	157

Одним из наиболее важных агроклиматических показателей, характеризующих безопасность перезимовки растений, является минимальная температура почвы на глубине узла кушения. Понижение температуры до критической в течение 3 дней и более, при отсутствии или небольшом количестве снежного покрова, может привести к повреждению или полной гибели озимых зерновых. График среднегодовой температуры почвы на глубине узла кушения представлен на рис. 1.

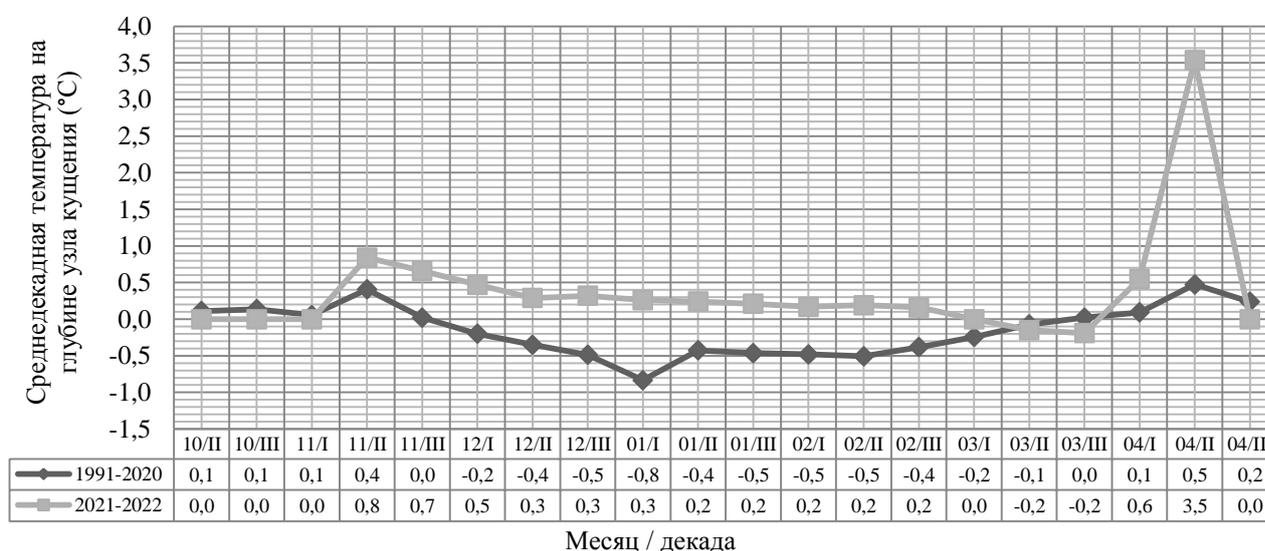


Рис.1. График среднедекадной температуры почвы на глубине узла кушения

Таблица 4

Значения основных метеорологических элементов за октябрь-апрель 2021–2022 годов

Параметр	Декада	Месяц							
		X	XI	XII	I	II	III	IV	
Высота снежного покрова, см	I	0,00	0,00	9,00	26,00	38,00	16,00	15,00	
	II	0,00	0,00	18,00	30,00	30,00	14,00	0,00	
	III	0,00	0,10	24,00	36,00	16,00	6,00	0,00	
Глубина промерзания почвы, см	I	0,00	0,00	0,50	2,00	0,00	5,00	5,00	
	II	0,00	0,00	2,00	1,00	0,00	12,00	0,00	
	III	0,00	1,00	5,00	0,00	0,00	6,00	0,00	
Среднедекадная температура воздуха, °С	I	6,30	5,00	-4,80	-4,90	-3,00	-2,90	3,40	
	II	6,60	0,80	-4,20	-6,10	0,40	-0,80	5,60	
	III	6,50	0,80	-11,70	-5,30	0,30	1,80	8,60	

Максимум температуры на глубине узла кушения пришелся на вторую декаду апреля 2022 года и составил 3,5 °С, при среднедекадном значении температуры 0,4 °С, а минимальное значение температур пришлось на март и в своем пике составило -0,2 °С. По данным оперативной климатической

нормы, в среднем отрицательные температуры длились от 7 до 11 декад, в то время как в наблюдаемый период их число в течение всего периода наблюдений не превысило 2 декады. Данное наблюдение в очередной раз подчеркивает тенденцию к увеличению количества дней с положительной температурой почвы на глубине залегания узла кущения.

Основные метеорологические показатели наблюдаемого периода приведены в табл. 4. Максимальная высота снежного покрова за период октябрь-апрель 2021-2022 гг. составила 38 см в первую декаду февраля, при средней высоте за сезон 12 см. Максимальная глубина промерзания почвы достигла отметки в 12 см во второй декаде марта, при среднем значении 2,2 см. Температура воздуха колебалась от $-11,7^{\circ}\text{C}$ в третьей декаде декабря до $8,6^{\circ}\text{C}$ в третьей декаде апреля. Среднее значение температуры за наблюдаемый период составило $0,1^{\circ}\text{C}$. По данным, полученным в результате наблюдений, был построен график отклонений от многолетних средних значений температуры воздуха (рис. 2).

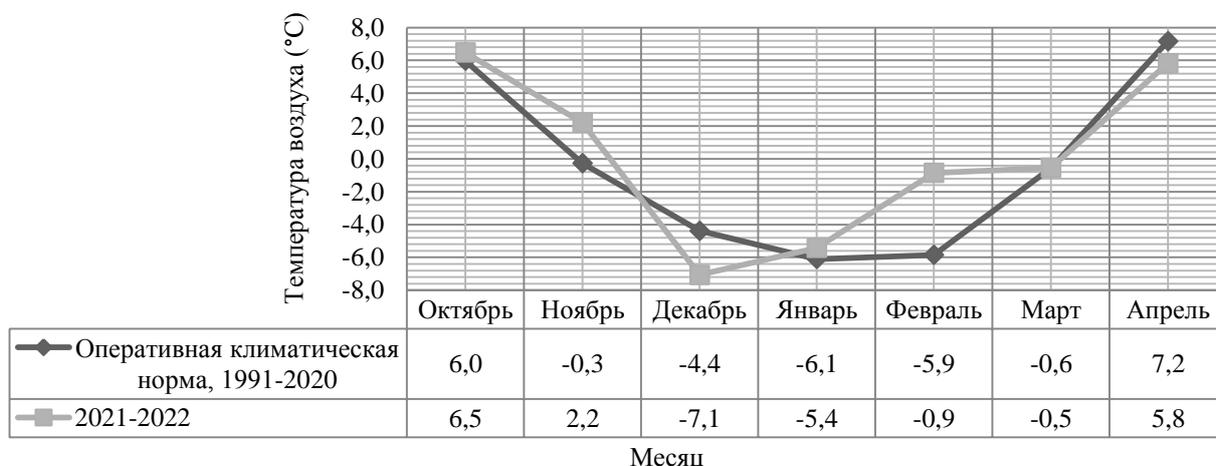


Рис. 2. График отклонения от многолетних средних значений температуры воздуха за 2021-2022 гг.

Наибольшие отклонения температуры наблюдаются в феврале. Разница между данными оперативной климатической нормы и данными за период 2021–2022 года составила $5,0^{\circ}\text{C}$. Наименьшие отклонения прослеживаются в октябре и составляют $0,5^{\circ}\text{C}$. Наибольшие – $5,0^{\circ}\text{C}$ и $2,7^{\circ}\text{C}$ – в феврале и декабре. Разница между среднегодовыми значениями температуры воздуха, согласно оперативной климатической норме и данным за 2021-2022 гг., составила $0,6^{\circ}\text{C}$. Наблюдаемый период по средним значениям температуры воздуха выдался преимущественно теплее.

У озимых культур период активной вегетации подразделяется на два этапа. На первом осеннем этапе происходит посев, всходы и последующая закалка культуры в результате различных физиологических и биохимических процессов. Длительность данного периода, как правило, составляет от 44 до 51 дня, после чего, с наступлением низких отрицательных температур, культура переходит в состояние вынужденного покоя. Возобновляется процесс вегетации весной и длится до середины/конца летнего сезона, общая продолжительность которого составляет от 76 до 98 дней. В ходе второго этапа наступает фаза спелости и последующая уборка урожая [13].

В процессе фенологических наблюдений были установлены даты различных этапов онтогенеза озимой тритикале: посев – 07.09.2021; всходы – 17.09.2021; кущение – 05.11.2021; трубкование – 13.05.22; колошение – 09.06.22; восковая спелость – 19.07.22; полная спелость – 28.07.22; сбор – 28.07.22.

Наступление фаз отмечалось одновременно на обеих (двух несмежных) повторностях, когда в фазу вступало 75 % растений. Активная вегетация на первом этапе длилась 64 дня, на втором этапе – 76 дней, как итог – общая продолжительность всего процесса составила 140 дней. Также по результатам фенологических наблюдений в период 2021-2022 гг. для произрастающих культур была проведена оценка:

– перезимовка, по пятибальной шкале: (4+) – незначительная гибель растений;

– устойчивость к поражению снежной плесенью по девятибальной шкале: (7–9) – слабое поражение растений. Поражение снежной плесенью учитывали весной после схода снега в период возобновления вегетации.

По результатам фенологических наблюдений, перезимовка прошла успешно, с незначительным количеством погибших растений. Наличие и степень выраженности вышеперечисленных показателей дают возможность сделать вывод об общих тенденциях продукционного процесса. В целом результат проведенных исследований, анализа и фактических наблюдений подтверждает, что процесс перезимовки для озимой тритикале в целом завершился благоприятно.

Выводы

Таким образом, зимний сезон 2021-2022 гг. был заметно теплее среднесезонных показателей, с общим сокращением периода с низкими отрицательными температурами воздуха и почвы. Несмотря на то, что снежный покров сформировался позже, чем обычно, более важной для процесса перезимовки является критическая температура на глубине узла кущения, которая в период наблюдений была близка к нулевым значениям. Следовательно, риски вымерзания озимых культур в изучаемый период были не характерными для данной территории.

Однако сложившиеся агрометеорологические условия с высокой долей вероятности могли спровоцировать процессы выпревания. Продолжительность залегания снежного покрова с высотой более 30 см составила более четырех декад, глубина проникновения отрицательных температур в почвенный профиль была меньше 10 см, а температура приземного слоя воздуха выше $-5,0^{\circ}\text{C}$ на протяжении шести декад. Тем не менее, сочетание этих факторов происходило в разные календарные сроки. В совокупности с оптимальными сроками сева, хорошим развитием и состоянием растений в осенний период это существенно снизило степень повреждения их снежной плесенью, где процессам выпревания были подвержены не более 2–3 % посевов озимой тритикале.

Проведенные исследования показывают высокую вероятность возникновения различных гидрометеорологических рисков и негативных процессов, характерных для зимнего периода последних десятилетий. Полученные результаты позволяют оценить влияние складывающихся неблагоприятных агрометеорологических условий на безопасность перезимовки растений, что в свою очередь способствует принятию своевременных мер по их предупреждению и минимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белолобцев А.И. Агроклиматическая оценка продуктивности фитоценозов на склоновых землях // Известия ТСХА. 2010. № 4. С. 52-61.
2. Белолобцев А.И. Влияние почвозащитных технологий и современного климата на урожайность С.-Х. культур // Известия ТСХА. 2010. № 5. С. 8-19.
3. Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. Агрометеорологические условия развития и причины гибели озимых посевов в период активной фазы потепления // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. №4. С. 35-43.
4. Основные погодно-климатические особенности, наблюдавшиеся в Северном полушарии Земли в 2021 году. URL:<https://meteoinfo.ru/categ-articles/144-climate-cat/clim-var/severnoe-polusharie/severnoe-polusharie-2021/18459-osnovnye-pogodno-klimaticheskie-osobennosti-nablyudavshiesya-v-severnom-polusharii-zemli-v-2021-godu#z2> (дата обращения 20.10.2022).
5. Шаров А.Ф., Игонин В.Н., Мельников В.Н., Бусурманкулов А.Б. Особенности азотной подкормки озимой тритикале сорта Тимирязевская 150 в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Кормопроизводство. 2019. №7. С. 19-22.
6. Белолобцев А.И., Сенников В.А. Биоклиматический потенциал агроэкосистем: учеб.пособие. М.: РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева, 2012. 157 с.
7. Веневцев В.З., Антошина О.А., Дацюк П.В., Петракова В.И. Оценка состояния посевов озимой пшеницы по фазам вегетации в условиях Центрального района Нечерноземной зоны: метод. указания. Рязань: УСХ Рязанской области, 2007. 53 с.
8. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. Ленинград: Гидрометеоздат, 1975. 295 с.
9. Сенников В.А., Ларин Л.Г., Белолобцев А.И., Коровина Л.Н. Агрометеорология: метод. указания. М.: РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева, 2012. 23 с.
10. Белолобцев А.И., Суховеева О.Э., Асауляк И.Ф. Агроклиматическая оценка продуктивности озимой пшеницы на склоновых землях // Известия ТСХА. 2012. №2. С. 46-57.

11. Федоров А.К. Особенности развития зимующих сельскохозяйственных культур. М.: Россельхозиздат, 1970. 151 с.
12. Влияние режима снежного покрова на агрономические риски развития розовой снежной плесени / К.А. Перевертин, А.И. Белолобцев, Е.А. Дронова, И.Ф. Асауляк, И.А. Кузнецов, М.А. Мазиров, Т.А. Васильев // Лед и снег. 2022. №1. С. 75–80.
13. Пряхина С.И., Скляр Ю.А., Васильева М.Ю., Фридман Ю.Н. Условия осенней вегетации и перезимовки озимых культур в Саратовской области // Известия Сарат. ун-та. Новая сер. Сер. Науки о Земле. 2009. №2. С. 19-23.

Поступила в редакцию 28.10.2022

Быстров Андрей Алексеевич, аспирант 2 года обучения направления подготовки
Метеорология и климатология, ассистент
E-mail: dywarana@gmail.com

Белолобцев Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заведующий кафедрой Метеорологии и климатологии
E-mail: abelolyubcev@rgau-msha.ru

РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева
127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 12 (корп. 18)

Игонин Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
научный сотрудник кафедры Генетики, селекции и семеноводства
РГАУ-МСХА им К.А. Тимирязева
127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 37
E-mail: mbegeulow@rgau-msha.ru

A.A. Bystrov, A.I. Belolyubtsev, I.V. Igonin

INFLUENCE OF MODERN AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS ON WINTER TRITIC OVERWINTER UNDER THE CONDITIONS OF THE FIELD STATION OF RSAU-MTAA

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-4-460-467

This article discusses one of the key stages in the ontogenesis of winter triticale - the winter period, which affects the state, further growth, development and crop yield. The coefficient of winter severity is calculated, an assessment of natural hazards and their impact on the state of wintering plants is given. Long-term data of the meteorological observatory named after V.A. Michelson RSAU-MTAA named after K.A. Timiryazev. A comparative analysis of the results of field observations was carried out, as well as the resistance of the culture to unfavorable conditions of overwintering was determined. Studies show a high probability of various hydrometeorological risks and negative processes typical of the winter period of recent decades. The results make it possible to assess the impact of unfavorable agrometeorological conditions on the safety of overwintering plants.

Keywords: winter wheat, ontogeny, air temperature, soil temperature, overwintering conditions, tillering node, winter severity.

REFERENCES

1. Belolyubtsev A.I. [Agro-climatic assessment of the productivity of phytocenoses on sloping lands], in *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy]*, 2010, vol. 4, pp. 52–61 (in Russ).
2. Belolyubtsev A.I. [Influence of soil protection technologies and modern climate on crop yields], in *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy]*, 2010, vol. 5, pp. 8–19 (in Russ).
3. Nemtsev S.N., Sharipova R.B. [Agrometeorological conditions of development and causes of winter crop failure during active warming phase], in *Vestn. Ulyanovs. Gos. Sel'skokhozyayst. Akad. [Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy]*, 2019, vol. 4, pp. 35–43 (in Russ).
4. *Osnovnye pogodno-klimaticheskie osobennosti, nablyudavshiesya v Severnom polusharii Zemli v 2021 godu* [The main weather and climate features, observed in the Northern Hemisphere of the Earth in 2021], Available at: <https://meteoinfo.ru/categ-articles/144-climate-cat/clim-var/severnoe-polusharie/severnoe-polusharie-2021/18459->

osnovnye-pogodno-klimaticheskie-osobnosti-nablyudavshiesya-v-severnom-polusharii-zemli-v-2021-godu#z2 (accessed: 20.10.2022) (in Russ.).

5. Sharov A.F., Igonin V.N., Melnikov V.N., Busurmankulov A.B. [Fertilizing winter triticale "Timiryazevskaya 150" by nitrogen in the central non-chernozem region], in *Kormoproizvodstvo [Fodder Production]*, 2019, vol. 7, pp. 19–22 (in Russ).
6. Belolyubtsev A.I., Sennikov V.A. *Bioklimaticheskiy potentsial agroekosistem* [Bioclimatic potential of agroecosystems], Moscow: RGAU-MSKhA im K.A. Timiryazeva, 2012, 157 p. (in Russ).
7. Venevtsev V.Z., Antoshina O.A., Datsyuk P.V., Petrakova V.I. *Otsenka sostoyaniya posevov ozimoy pshenitsy po fazam vegetatsii v usloviyakh Tsentral'nogo rayona Nechernozemnoy zony: metod. ukazaniya* [Assessment of the state of winter wheat crops by vegetation phases in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone: methodical instructions], Ryazan: Upravlenie sel'skogo khozyaystva Ryazanskoy oblasti, 2007, 53 p. (in Russ).
8. Moiseychik V.A. *Agrometeorologicheskie usloviya i perezimovka ozimyykh kul'tur* [Agrometeorological conditions and overwintering of winter crops], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975, 295 p. (in Russ).
9. Sennikov V.A., Larin L.G., Belolyubtsev A.I., Korovina L.N. *Agrometeorologiya: metod. ukazaniya* [Agrometeorology: methodical instructions], Moscow: RGAU-MSKhA im K.A. Timiryazeva, 2012, 23 p. (in Russ).
10. Belolyubtsev A.I., Sukhoveeva O.E., Asaulyak I.F. [Agro-climatic assessment of the productivity of winter wheat on sloping lands], in *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy]*, 2012, vol. 2, pp. 46–57 (in Russ).
11. Fedorov A.K. *Osobennosti razvitiya zimuyushchikh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Features of the development of wintering agricultural crops], Moscow: Rosselkhozizdat, 1970, 151 p. (in Russ).
12. Perevertin K.A., Belolyubtsev A.I., Dronova E.A., Asaulyak I.F., Kuznetsov I.A., Mazirov M.A., Vasiliev T.A. [Impact of changes in snow cover regime on agronomic risks causing pink snow mold], in *Led i sneg [Ice and snow]*, 2022, vol. 1, pp. 75–80 (in Russ).
13. Pryakhina S.I., Sklyarov Yu.A., Vasilieva M.Yu., Fridman Yu.N. [Conditions of autumn Vegetation and Wintering of Winter Crops in Saratov Region], in *Izv. Sarat. Univ. Novaya ser. Ser. Nauki o Zemle [Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences]*, 2009, vol. 2, pp. 19–23 (in Russ).

Received 28.10.2022

Bystrov A.A., 2-year postgraduate student of the field of study Meteorology and climatology, assistant

E-mail: dywarana@gmail.com

Belolyubtsev A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Meteorology and Climatology

E-mail: abelolyubcev@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Pryanishnikova st., 12/18, Moscow, Russia, 127434

Igonin V.N., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Researcher,

Department of Genetics, Breeding and Seed Production

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Pryanishnikova st., 37, Moscow, Russia, 127434

E-mail: mbegeulow@rgau-msha.ru