

СТАТЬИ

УДК 633.14+631.53.04]:551.583
DOI 10.17513/use.38326

СРОКИ ПОСЕВА ОЗИМОЙ РЖИ В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

¹Исмагилов Р.Р., ²Исмагилов К.Р., ¹Мустафин И.Г.

¹Опытная станция «Уфимская» Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, e-mail: ismagilovr_bsau@mail.ru;
²Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, e-mail: ismagilovk@mail.ru

Цель исследования состояла в корректировке сроков посева озимой ржи на территории Республики Башкортостан в связи с глобальными изменениями климата. Проведены сбор гидротермических показателей многолетних наблюдений на государственных метеостанциях, полевые опыты и полевые наблюдения в разных хозяйствах республики в 2019–2023 гг. Оценка тесноты и характер связи между экспериментальными данными проведена корреляционно-регрессионным анализом с использованием компьютерной программы Excel. Установлено, что на территории Республики Башкортостан произошло повышение среднесуточной температуры воздуха в расчете на 100 лет за сентябрь и октябрь на 2,81 °С, суммы эффективных температур – на 154 °С, увеличение продолжительности осеннего вегетационного периода – на 9 дней. Информативным критерием оптимальности срока посева озимой ржи является кустистость растений в конце осенней вегетации, равной 3,5–4,5. Для формирования у растений озимой ржи 3,5–4,5 побегов необходимо 200–240 °С эффективных температур за период от посева до конца осенней вегетации. В настоящее время в условиях потепления климата наиболее целесообразным является посев озимой ржи на территории Республики Башкортостан с 27 августа по 7 сентября, что позже ранее принятых сроков посева на 7–12 дней.

Ключевые слова: озимая рожь, изменение климата, сроки сева, урожайность, Башкортостан

SOWING DATES OF WINTER RYE DUE TO GLOBAL CLIMATE CHANGE

¹Ismagilov R.R., ²Ismagilov K.R., ¹Mustafin I.G.

¹Ufimskaya Experimental Station, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, e-mail: ismagilovr_bsau@mail.ru;
²Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, e-mail: ismagilovk@mail.ru

The purpose of the study was to adjust the timing of winter rye sowing in the Republic of Bashkortostan due to global climate change. Hydrothermal indicators of long-term observations at state weather stations, field experiments and field observations in different farms of the republic in 2019-2023 were collected. It was established that on the territory of the Republic of Bashkortostan there was an increase in the average daily air temperature per 100 years for September and October by 2.81 °C, the sum of effective temperatures – by 154 °C, an increase in the duration of the autumn vegetation period – by 9 days. An informative criterion for the optimal sowing date of winter rye is the bushiness of plants at the end of the autumn growing season, equal to 3.5-4.5. For the formation of 3.5-4.5 shoots in winter rye plants, 200-240 °C of effective temperatures are required for the period from sowing to the end of the autumn growing season. At present, in the context of climate warming, the most expedient is to sow winter rye on the territory of the Republic of Bashkortostan from August 27 to September 7, which is later than the previously accepted sowing dates by 7-12 days.

Keywords: winter rye, climate change, sowing dates, yield, Bashkortostan

Введение

Исключительно важное, зачастую решающее значение в создании высокопродуктивного агрофитоценоза озимых зерновых культур имеет правильный выбор срока сева. Это обусловлено тем, что время посева определяет в значительной мере степень роста и развития в осенний период, зимостойкость и повреждаемость растений вредителями [1–3]. Урожайность посева озимых зерновых культур, в частности озимой ржи, тем больше, чем меньше отклонение времени сева от оптимального [4, 5]. Уста-

новлено, что при посеве озимых зерновых после оптимальных сроков урожайность снижается на 0,9–1,0% за сутки из-за плохого осеннего кушения, гибели растений во время перезимовки, выпревания и других неблагоприятных факторов [4, 6]. Оптимальная дата посева озимой ржи, как и других озимых зерновых культур, определяется в основном климатическими условиями, особенно в осенний период [7, 8, 3].

В последние годы происходит глобальное изменение климата. За 140 лет на планете температура повысилась на 1 °С [9].

В различных частях земного шара температура меняется по-разному. Так, на территории Республики Башкортостан с 1936 по 2023 г. температура повысилась на 2,80 °С [10]. Температурный режим в осенний период вегетации также существенно меняется. По данным В.И. Мельник, сумма активных температур за период с 25 августа до перехода среднесуточной температуры через 5 °С в Республике Беларусь увеличилась на 40–45 градусов, продолжительность осенней вегетации продлилась не менее чем на одну декаду [6].

В условиях глобального потепления одним из стратегических направлений является адаптация агропромышленного производства и особенно растениеводства к изменению климата [11, 12]. Важным моментом адаптации растениеводства выступает уточнение оптимальных сроков посева озимых зерновых культур [13, 8].

Цель исследования – уточнение срока посева озимой ржи на территории Республики Башкортостан в связи с глобальным изменением климата.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили путем сбора и анализа гидротермических показателей

многолетних наблюдений на государственных метеостанциях на территории Республики Башкортостан [14], постановки полевых опытов и полевых наблюдений в разных хозяйствах республики в 2019–2023 гг. Полевые опыты проводили по общепринятой методике в агрономических исследованиях [15]. Кустистость растений определяли путем подсчета побегов у 30 растений, взятых рандомизированно с каждой делянки опыта. Тесноту и характер связи между полученными экспериментальными данными оценивали корреляционно-регрессионным и существенность разницы урожайности между вариантами полевого опыта – дисперсионным анализом с использованием компьютерной программы Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования показали существенное повышение температуры воздуха на территории Республики Башкортостан в осенний период года (рис. 1). По результатам регрессионного анализа в сентябре среднесуточная температура воздуха в расчете на 100 лет повысилась на 1,97 °С, в октябре – на 3,65 °С и в среднем за два месяца – на 2,81 °С.

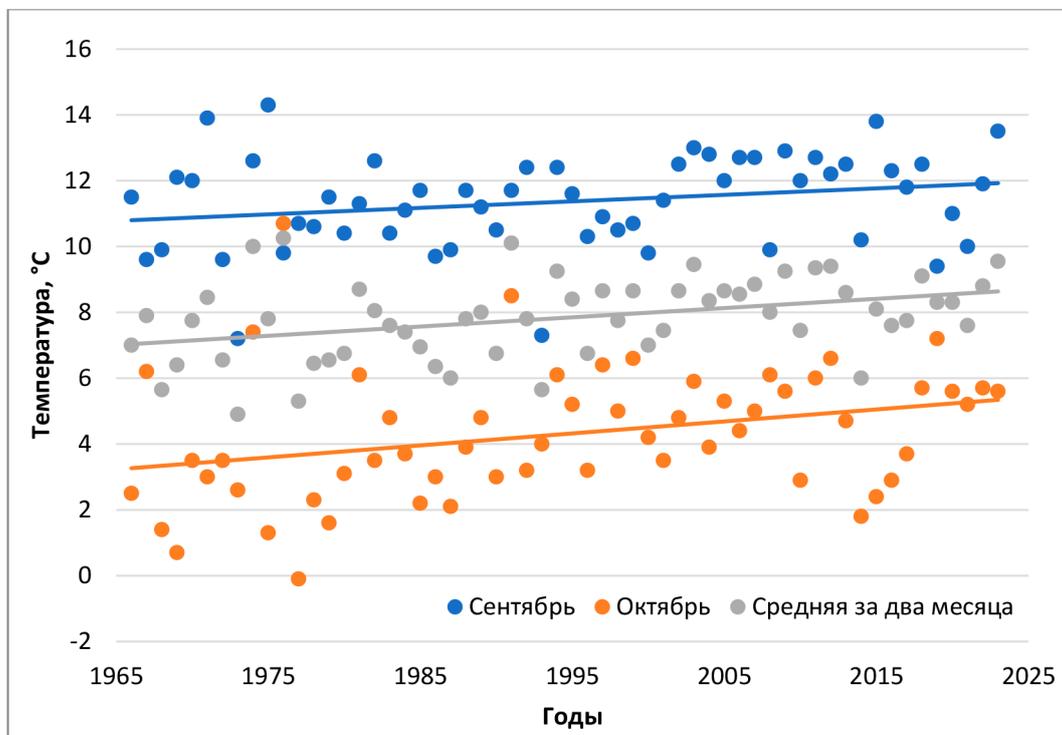


Рис. 1. Изменение температуры воздуха в осенние месяцы (сентябрь, октябрь) в 1966–2023 гг. на территории Республики Башкортостан (ГМС Уфа)

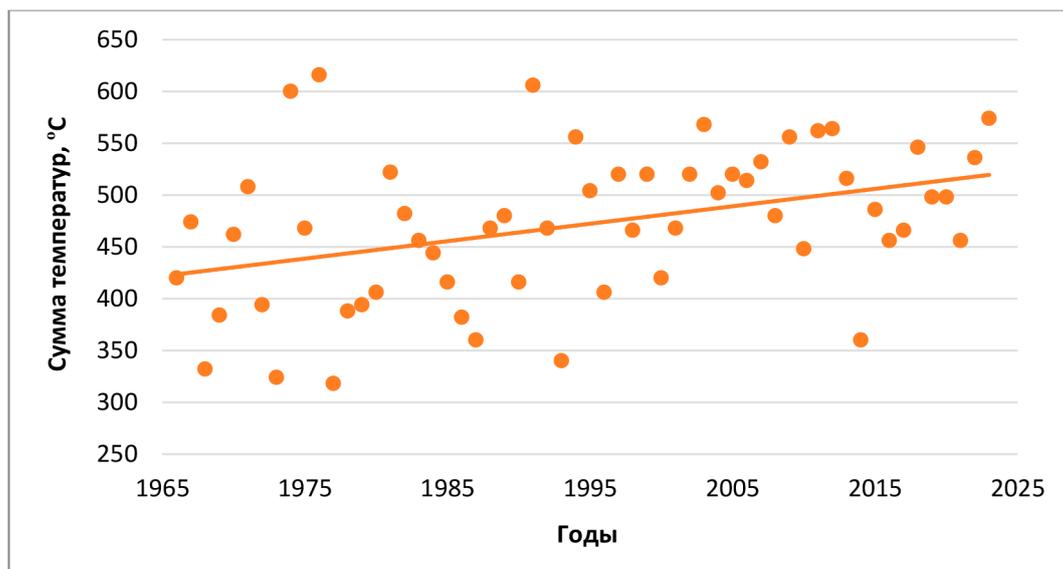


Рис. 2. Изменение суммы температур в осенний период (сентябрь, октябрь) в 1966–2023 гг. на территории Республики Башкортостан

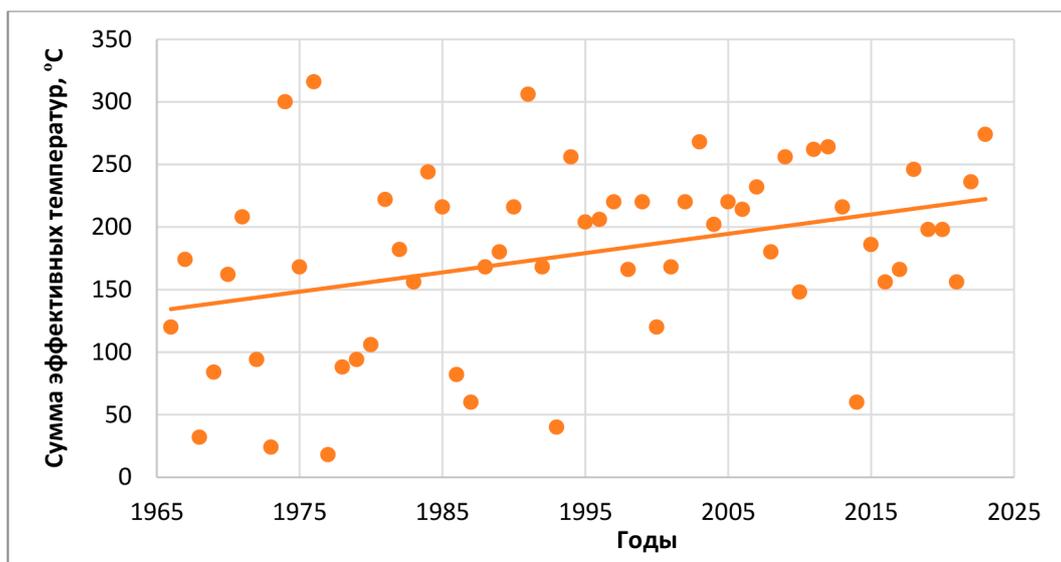


Рис. 3. Изменение суммы эффективных температур в осенний период (сентябрь, октябрь) в 1966–2023 гг. на территории Республики Башкортостан

Соответственно повысилась теплообеспеченность осенней вегетации озимых культур (рис. 2). Сумма температур за два месяца (сентябрь, октябрь) в среднем ежегодно увеличилась на $1,68^{\circ}\text{C}$ или в расчете на 100 лет – на 168°C .

Для озимых зерновых культур пороговой величиной температуры роста и развития, то есть эффективной температурой, является 5°C . Поэтому для оценки теплообеспеченности вегетации озимой ржи более

информативным показателем является сумма эффективных температур, чем средняя температура и сумма температур. Согласно результатам регрессионного анализа сумма эффективных температур повысилась в среднем в год на $1,54^{\circ}\text{C}$ и за последние 100 лет – на 154°C (рис. 3).

Для определения оптимального срока сева важно выявить параметры растений, которых они должны достичь к концу осенней вегетации. Исследования показывают,

что достаточно информативным и практически используемым критерием оптимальности времени сева озимой ржи может быть количество побегов в среднем на одно растение (кустистость) в конце осенней вегетации. Надежность данного критерия обосновывается тем, что кустистость является показателем, отражающим морфологическое и физиологическое состояние растений. Величина данного фитометрического признака тесно взаимосвязана с количеством листьев (коэффициент корреляции $r = 0,891$) и узловых корней ($r = 0,850$), сухой надземной массой ($r = 0,842$), а также длиной конуса нарастания материнского побега ($r = 0,810$). Корреляционно-регрессионный анализ экспериментальных данных показал, что хорошая перезимовка и формирование максимальной урожайности посева озимой ржи наиболее вероятно при кустистости растений в конце осенней вегетации, равной 3,5–4,5. Слаборазвитые посевы в момент прекращения осенней вегетации формировали сравнительно невысокую урожайность даже при хорошей перезимовке, так как именно побеги осеннего кушения являлись потенциальными высокопродуктивными стеблями. Растения переросшие, имеющие высокую кустистость, сильнее подвергались отрицательным факторам зимних условий и, соответственно, посевы из таких растений обычно имели небольшую продуктивность.

Статистическим анализом экспериментальных данных за 14 лет выявлено, что

для образования 3,5–4,5 побегов растениям озимой ржи необходимы сумма эффективных температур от посева до прекращения осенней вегетации 200–240 °С и в среднем 43 дня. Для определения средней даты прекращения осенней вегетации озимой ржи был проведен регрессионный анализ изменения среднесуточной температуры воздуха в осенний период (сентябрь и октябрь) в 1966–2023 гг. и составлен график (рис. 4).

Далее рассчитано уравнение регрессии среднесуточной температуры в осенней период в эти годы.

$$Y=0,1547x+6,2287,$$

где Y – дата перехода среднесуточной температуры воздуха осенью через 5 °С;

x – номер года (1 – 1966 г.).

Используя данное уравнение, рассчитали дату перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °С в 2023 г. ($x = 58$). Расчетная дата прекращения осенней вегетации в 2023 году составила 15,2 октября, что почти на 9 дней позже, чем в 1966 г. (6,4 октября). Путем обратного отчета от даты окончания осенней вегетации растений озимой ржи установлено, что средняя оптимальная дата посева озимой ржи в настоящее время приходится на 2 сентября. С учетом разнообразия природных, агротехнических и организационных условий хозяйства оптимальным сроком сева посева озимой ржи в республике можно принять от 27 августа до 7 сентября.

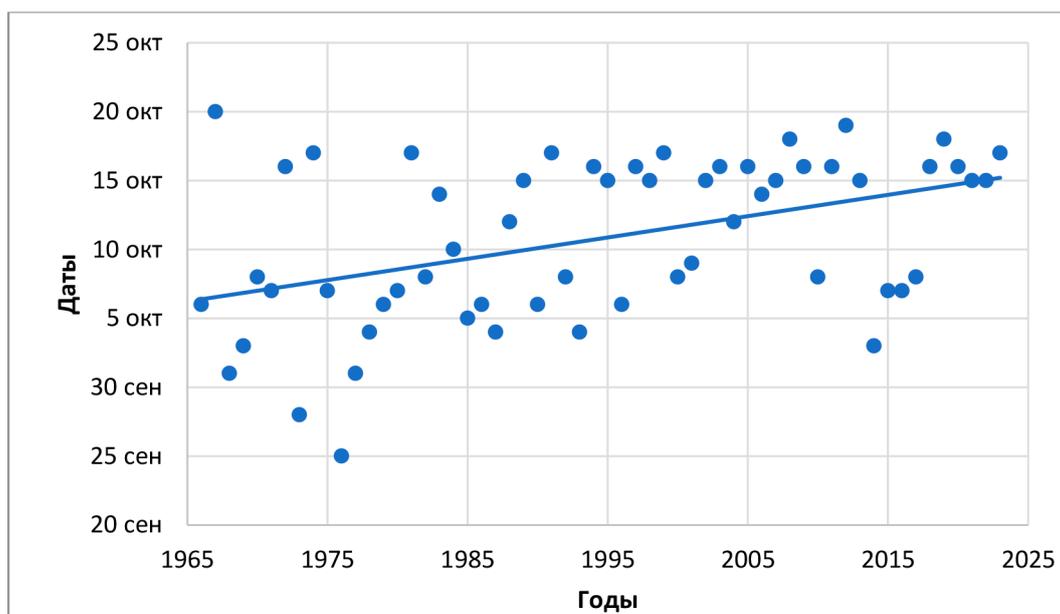


Рис. 4. Тренд даты перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °С осенью в 1966–2023 гг. на территории Республики Башкортостан

Кустистость растений в конце осенней вегетации
и урожайность озимой ржи при разной дате посева

Хозяйство, год, дата перехода температуры воздуха через 5 °С	Дата посева	Кустистость растений в конце осенней вегетации	Урожайность, т/га	Отклонение урожайности от контроля, т/га
УНЦ БГАУ, Уфимский район, 2019–2020 г., 15 октября	25 августа (контроль)	5,1	5,40	0,00
	5 сентября	3,4	5,45	0,05
	15 сентября	1,6	4,63	- 0,73
	НСР05			0,14
ООО «ЭкоНива-АПК Холдинг», Белебеевский район, 2019–2020 г., 14 октября	24 августа (контроль)	5,3	3,72	0,00
	1 сентября	4,1	3,85	0,13
	4 сентября	3,3	3,90	0,18
	10 сентября	1,8	2,83	-0,89
	НСР05			0,14
ООО АФ «Идель», Мелеузовский район, 2020–2021 г., 20 октября	26 августа (контроль)	6,2	1,91	0,00
	2 сентября	4,7	2,02	0,11
	5 сентября	4,3	2,01	0,10
	11 сентября	2,6	1,93	0,02
	НСР05			0,12
КФХ «Юлай», Салаватский район, 2021–2022 г., 2 октября	24 августа (контроль)	3,7	3,52	0,00
	1 сентября	3,0	3,13	-0,39
	4 сентября	2,1	2,67	-0,85
	10 сентября	1,0	1,82	-1,70
	НСР05			0,17
ООО «СПК им. Мичурина», Туймазинский район, 2022–2023 г., 19 октября	25 августа (контроль)	6,0	3,48	0,00
	2 сентября	4,5	3,69	0,21
	6 сентября	3,8	3,62	0,14
	11 сентября	1,9	2,95	-0,53
	НСР05			0,13

В 1970-е гг. были рекомендованы и до последних лет применялись календарные сроки сева озимой ржи в южной лесостепи республики 20–25 августа [15]. Следовательно, посев озимой ржи в связи с глобальным потеплением климата целесообразно проводить в ближайшие годы на 7–12 дней позже, чем в ранее принятые сроки.

Полевые опыты, проведенные в хозяйствах республики в различные годы, подтвердили обоснованность корректировки срока сева озимой ржи в связи с изменением климата. В 2019–2020, 2020–2021 и 2022–2023 вегетационные годы, за исключением 2021–2022 года, при посеве в период с 25 августа по 6 сентября у растений озимой ржи к концу осенней вегетации формировалось

3,3–6,2 побега и наибольшая урожайность зерна (таблица). В 2021 г. (КФХ «Юлай» Салаватского района) был ранний переход среднесуточной температуры через 5 °С и, соответственно, осенний период вегетации озимой ржи был сравнительно коротким, и растения при посеве позже 24 августа слабо раскустились. В результате урожайность озимой ржи в 2022 г. формировалась существенно ниже при посеве позже 24 августа по сравнению с другими годами.

Заключение

На территории Республики Башкортостан в период с 1966 по 2023 г. произошло повышение среднесуточной температуры воздуха в расчете на 100 лет в среднем

за сентябрь и октябрь на 2,81°C, суммы эффективных температур – на 154°C, продолжительность осеннего вегетационного периода удлинилась на 9 дней. Информативным критерием оптимальности времени посева озимой ржи является кустистость растений в конце осенней вегетации (3,5–4,5). Для формирования у растений озимой ржи 3,5–4,5 побегов необходимо 200–240°C эффективных температур. В настоящее время в условиях потепления климата наиболее целесообразным сроком посева озимой ржи на территории южной лесостепи Республики Башкортостан является время с 27 августа по 7 сентября, что позже ранее принятых сроков посева на 7–12 дней.

Список литературы

- Петров Л.К. Особенности формирования потенциальной продуктивности озимой пшеницы в зависимости от сортов, норм и сроков посева семян в Волго-Вятском регионе // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6 (384). С. 30–33. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-30-33.
- 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.
- Иванова М.С. Влияние сроков посева на перезимовку и урожайность озимой ржи // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2022. № 4 (63). С. 75–78.
- Привалов Ф.И., Холодинский В.В., Бруй И.Г., Шантыр В.А., Холодинская Н.Л. Уточнение оптимальных сроков сева озимых зерновых культур в связи с потеплением климата Беларуси за последние 25 лет // Земледелие и растениеводство. 2021. № 2 (135). С. 14–17.
- 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.
- Мельник В.И., Бондаренко Ю.А., Бровка Ю.А., Хитриков М.А. Определение оптимальных сроков сева озимых культур на территории Беларуси в условиях современного изменения климата // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2022. № 1 (383). С. 108–127. DOI: 10.37162/2618-9631-2022-1-108-127.
- Туктарова Н.Г. Влияние современных тенденций изменения климата на урожайность озимых зерновых культур // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С. 80–86.
- Шарипова Р.Б., Хакимов Р.А., Хакимова Н.В. Влияние предшественников и сроков посева на перезимовку и урожайность озимой пшеницы в изменяющихся условиях регионального климата // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15, № 2 (58). С. 66–71. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-66-71.
- Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.
- Исмагилов К.Р., Исмагилов Р.Р., Рузаков И.А. Проявление глобального изменения агроклиматических ресурсов на территории Республики Башкортостан // Успехи современного естествознания. 2024. № 4. С. 85–91. DOI: 10.17513/use.38253.
- Ашабоков Б.А., Ашабокова М.Б., Темирханова Х.М. Задачи плана адаптации АПК к изменению климата: информационное обеспечение и методы решения // Успехи современного естествознания. 2022. № 9. С. 99–107. DOI: 10.17513/use.37899.
- Тарасова О.С. К вопросу адаптации отраслей народного хозяйства к климатическим изменениям // Успехи современного естествознания. 2023. № 10. С. 64–70. DOI: 10.17513/use.38115.
- Paudel G.P., Chamberlin J., Balwinder-Singh, Maharjan Sh., Nguyen T.T., Craufurd P., McDonald A.J. Insights for climate change adaptation from early sowing of wheat in the Northern Indo-Gangetic Basin // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2023. Vol. 92. P. 103714. DOI: 10.1016/j.ijdr.2023.103714.
- Температура воздуха и осадки по месяцам и годам [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?ysclid=lnh83iq7fh19> (дата обращения: 15.10.2024).
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с.
- Бахтязин Н.Р., Исмагилов Р. Р. Определение оптимальной даты сева озимых зерновых культур // Агротехника полевых культур в лесостепи Поволжья и Предуралья / Министерство сельского хозяйства СССР, Ульяновский сельскохозяйственный институт. Куйбышев: Ульяновский сельскохозяйственный институт, 1979. С. 46–51.