

**ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ
УРОЖАЙНОСТИ ГРЕЧИХИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН В 2000-2022 ГОДЫ****А. Б. Мустафина**

Реферат. Исследования проводили с целью изучения оценки влияния метеорологических условий на урожайность гречихи в Республике Татарстан в период 2000-2022 годы. Рассматривалась динамика урожайности гречихи с 2000 по 2022 годы, средняя урожайность оказалась равной 10,5 ц/га. Размах колебаний урожайности в исследуемые годы оказался равным 13,0 ц/га. Наибольшая урожайность была зафиксирована в 2008 году, когда условия увлажнения были благоприятными для развития растений гречихи, в то время как минимальный показатель был зафиксирован в 2010 году из-за недостатка осадков и высокой температурной напряженности, что отрицательно повлияло на рост, цветение и созревание культуры. Для оценки динамики развития урожайности гречихи во времени были проанализированы показатели, характеризующие динамику временных рядов. В течение исследуемого периода наблюдалась переменчивая динамика урожайности гречихи в Республике Татарстан. Максимальное увеличение было в 2011 году по сравнению с предыдущим годом и составило 9,6 ц/га, что является увеличением на 355,6%. Наиболее высокие темпы урожайности были зафиксированы в 2011 и 2022 годах - 455,6% и 226,9% соответственно. Минимальные темпы урожайности гречихи в Татарстане были отмечены в 2010 (22,7%), 2021 (55,3%) и 2018 (68,2%) годах. Сравнивались температуры воздуха месяца мая, июня и июля в периоды 2000-2010 и 2011-2022 годы. Обнаружено, что в период 2011-2022 годы средняя температура воздуха рассмотренных месяцев на 0,8-1,0°C выше чем в 2011-2022 годы. Анализ корреляционной связи урожайности с основными метеорологическими показателями показал, что важную роль для высокого урожая играют температуры воздуха в июне и июле и осадки в июне.

Ключевые слова: гречиха, агроклиматические условия, урожайность, Республика Татарстан.

Для цитирования: Мустафина А.Б. Влияние агроклиматических условий на формирование урожайности гречихи в Республике Татарстан в 2000-2022 гг. // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. №4 (8). С. 37-42

Введение. Гречиха является одной из самых важных и популярных продовольственных культур. Гречиха обладает рядом преимуществ благодаря высокому содержанию питательных веществ и диетических компонентов. Она является богатым источником минеральных солей, органических кислот, витаминов и незаменимых аминокислот, которые необходимы организму человека [1].

Гречиха представляет собой ценный источник пользы для здоровья и может использоваться в качестве медоносного растения с высокими показателями сбора меда. В зависимости от погодных условий и сельскохозяйственных методов, с каждого гектара гречишного поля можно получить от 50 до 90 кг меда, который отличается отличным вкусом, приятным ароматом и лечебными свойствами. Гречишный мед содержит полный комплекс необходимых аминокислот и имеет особую ценность в пчеловодстве, где используются специально выращенные посевы для сбора меда помимо обычных посевов на зерно [2].

Кроме того, отходы крупяного производства используются в качестве концентрированного корма для животных и птиц. Солома гречихи также признана ценным кормом для скота.

Хороший урожай гречихи способствует улучшению почвы и созданию благоприятного фосфорно-калийного фона, что положительно сказывается на качестве последующего посева. Кроме того, гречиха помогает бороться со сорняками и улучшает

физико-механические свойства почвы, оставляя ее рыхлой [3].

Гречиха имеет большое агротехническое значение. Будучи культурой короткого вегетационного периода и поздних сроков сева, она широко используется для пересева погибших озимых и яровых культур [1].

Уровень урожайности гречихи посевной зависит в большей степени от условий, которые сложились в период вегетации растений. Это объясняется тем, что оплодотворение, хорошее опыление и формирование плодов зависят от температурного фона, осадков и относительной влажности воздуха, которые складываются во время цветения растений [4, 5].

У гречихи каждый цветок цветет только в течение одного дня. Если цветки не опыляются, семена не образуются. Обычно на одном растении гречихи появляется около 500 цветков, но урожай зерна дают лишь около 4-6% из них. Каждый процент цветков, которые не опылены, приводит к потере 1-2 зерна [6].

Исследования показали, что для успешного выращивания гречихи наиболее подходящей температурой является диапазон от 18 до 25°C, и относительная влажность воздуха должна быть не ниже 50%. В случае избыточного увлажнения, проливных дождей и сильных ветров во время цветения, а также при засухе, процесс опыления и образование плодов у гречихи отрицательно сказываются. Повышенные температуры воздуха свыше 26°C и относительная влажность воздуха ниже

30% также негативно влияют на опыление и приводят к массовому отмиранию завязей у гречихи [2].

Исследования в области изменения климата и агрометеорологии проводятся многие десятилетия. В работах А. Б. Мустафиной, В. Н. Павловой [7, 8, 9] делается вывод о существенной зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от метеорологических условий. Однако зависимость от условий погоды делает производство сельскохозяйственной продукции нестабильным [10]. В настоящее время наблюдается увеличение засушливости в большей части сельскохозяйственных регионов России, что негативно влияет на валовый сбор урожая зерновых культур [11].

В условиях Среднего Поволжья главные лимитирующие факторы урожайности гречихи – так же часто повторяющиеся засухи, а в северных районах зоны еще и недостаточный уровень почвенного плодородия [12, 13, 14].

Для того, чтобы получить хороший урожай гречихи, необходимо учитывать агроклиматические условия региона, где выращивается культура. В данной статье будет рассмотрена

связь между урожайностью гречихи и агроклиматическими условиями.

Цель исследования – изучение оценки влияния метеорологических условий на урожайность гречихи в Республике Татарстан в период 2000-2022 годы.

Условия, материалы и методы. В работе использовались данные Росстата об урожайности гречихи в Республике Татарстан в 2000-2022 годы, метеорологические данные фонда ВНИИГМИ-МЦД за период 2000-2022 годы 13 метеостанций, находящихся на территории Республики Татарстан. В работе для обработки и анализа исходных данных использовались современные вычислительные системы, апробированные статистические методы, корреляционный и тренд-анализ.

Результаты и обсуждение. Средняя урожайность гречихи в Республике Татарстан за рассмотренный период оказалась равной 10,5 ц/га (рис. 1, табл. 1). Размах колебаний урожайности в исследуемые годы (разность между максимальной и минимальной урожайностью) составляет 13,0 ц/га. Наибольшая урожайность была в 2008 году, минимальная – в 2010 году.

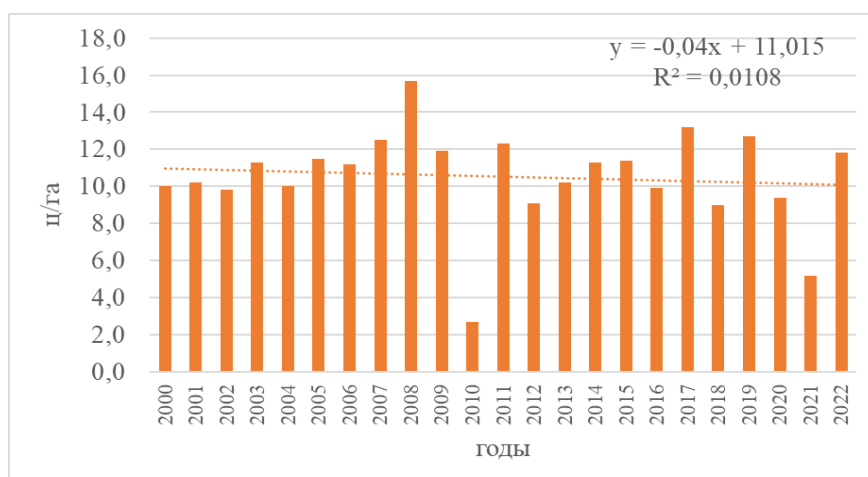


Рис.1 - Динамика урожайности гречихи (ц/га) в 2000–2022 годы

В начале вегетационного периода 2008 года температура и уровень увлажнения создали благоприятные условия для развития гречихи. В мае среднесуточная температура воздуха составила 12,3 °С (с изменением в пределах 5,8-22,7 °С), а осадков выпало 49,2 мм, что составляет 129,5 % среднегогодового значения (38 мм). В июне было замечено избыточное количество осадков, превышающее климатическую норму (82,4 мм вместо 57 мм), а

температура воздуха была ниже средней многолетней температуры (16,2 °С против среднеемноголетней 18,3 °С). Июнь был благоприятным для процессов плодобразования гречихи с точки зрения погодных условий. Июль соответствовал климатическим нормам по температуре воздуха и количеству осадков. В 2008 году атмосферные осадки во время вегетационного периода гречихи были выше среднего уровня [15].

Таблица 1 - Статистические данные по урожайности гречихи

Средняя урожайность за весь исследуемый период, ц/га	10,5
Максимальная урожайность, ц/га	15,7
год	2008
Минимальная урожайность, ц/га	2,7
год	2010
СКО, ц/га	2,6
Средняя урожайность за последние три года (2020-2022), ц/га	8,8

В 2010 году количество атмосферных осадков, достаточных для вегетационного периода гречихи, было ниже многолетнего уровня. С середины апреля до середины мая существенных осадков (выше 1 мм) не наблюдалось. За май-июль выпало 38,8 мм осадков при норме 158 мм. Среднемесячная температура воздуха мая составила 16,8°C (норма равна 14,1°C). В июне и июле среднемесячные температуры воздуха составили 21,0 °C и 24,7 °C соответственно, что на 2,7 и 4,2 °C выше среднемноголетнего значения. Максимальная температура доходила до 38-39°C. В 2010 году высокая температурная напряженность и недостаток влаги негативно сказались на интенсивности ростовых процессов, плодообразовании и созревании гречихи, т.к. высокая температура без осадков препятствует нормальному развитию корней и надземной части растений. Корням требуется более низкая температура, чем надземной части. Обычно природные условия способствуют этому разделению, но при отклонении от оптимальных условий корневая система страдает, что наблюдается в периоды засухи [1, 16].

Вегетация гречихи 2018 и 2021 годы протекала в условиях острой почвенной и атмосферной засухи. Гидротермический коэффициент по Селянину в среднем за вегетацию 2018 году составил 0,51, 2021 году – 0,29 [17].

Для характеристики интенсивности развития урожайности гречихи во времени, были рассмотрены показатели, количественно характеризующие динамику временных рядов: абсолютный прирост, темп роста,

температура.

Абсолютный прирост Δt показывает абсолютную величину увеличения (или уменьшения) уровня ряда y_t за определенный временной интервал и находится как разница уровней ряда (Чичасов Г.Н. Численные методы обработки и анализа гидрометеорологической информации. М.: Боргес, 2013. 235 с):

$$\Delta t = y_t - y_{t-1} \quad (1)$$

где y_t - уровень сравниваемого периода, y_{t-1} - уровень предыдущего сравниваемого периода.

Темп роста представляет собой процентный коэффициент увеличения или снижения показателя, который показывает, насколько величина этого показателя отличается от уровня, принятого за 100%, в данном периоде. Темп прироста показывает, на сколько процентов уровень больше (меньше) от уровня сравнения.

Данные, приведенные в таблице 2 показывают, что за исследуемый период наблюдалась непостоянная динамика урожайности гречихи. Абсолютный прирост показывает, что максимальное увеличение было в 2011 году по сравнению с предыдущим годом на 9,6 ц/га, т.е. увеличение валового сбора достигло 355,6%. Наибольшие темпы урожайности были в 2011 и 2022 годы – 455,6% и 226,9% соответственно. Минимальные темпы урожайности гречихи в Татарстане наблюдались в 2010 (22,7%), 2021 (55,3%) и 2018 (68,2%) годы.

Таблица 2 - Показатели динамики урожайности гречихи

Годы	Урожайность, ц/га	Абсолютный прирост, ц/га	Темп роста, %	Темп прироста, %
2000	10,0	-	-	-
2001	10,2	0,2	102,0	2,0
2002	9,8	-0,4	96,1	-3,9
2003	11,3	1,5	115,3	15,3
2004	10,0	-1,3	88,5	-11,5
2005	11,5	1,5	115,0	15,0
2006	11,2	-0,3	97,4	-2,6
2007	12,5	1,3	111,6	11,6
2008	15,7	3,2	125,6	25,6
2009	11,9	-3,8	75,8	-24,2
2010	2,7	-9,2	22,7	-77,3
2011	12,3	9,6	455,6	355,6
2012	9,1	-3,2	74,0	-26,0
2013	10,2	1,1	112,1	12,1
2014	11,3	1,1	110,8	10,8
2015	11,4	0,1	100,9	0,9
2016	9,9	-1,5	86,8	-13,2
2017	13,2	3,3	133,3	33,3
2018	9,0	-4,2	68,2	-31,8
2019	12,7	3,7	141,1	41,1
2020	9,4	-3,3	74,0	-26,0
2021	5,2	-4,2	55,3	-44,7
2022	11,8	6,6	226,9	126,9

Как следует из данных Росстата, в 2022 году в Республике Татарстан было посеяно

5684 га гречихи, из них 2472 га в Чистопольском районе. Валовой сбор в 2022 году

АГРОНОМИЯ

составил 179,8 тыс. центнеров, что составляет 231,6% к 2021 году, что указывает нам и темп роста.

С целью определения изменения

термического режима за исследуемый период, были проведены расчет и анализ средней температуры воздуха за май, июнь и июль по периодам 2000–2010 и 2011–2022 годы (табл. 3).

Таблица 3 - Изменение температуры воздуха (°C) в мае, июне и июле в 2000-2010 годы и 2011-2022 годы

Средние значения температуры воздуха, °C					
май		июнь		июль	
2000-2010 годы	2011-2022 годы	2000-2010 годы	2011-2022 годы	2000-2010 годы	2011-2022 годы
13,4	14,4	17,3	18,1	20,4	20,3

Оказалось, что наблюдался существенный рост температуры воздуха на 0,8-1,0 °C в мае и июне, в июле среднемесячная температура в 2011-2022 годы оказалась ниже на 0,1°C по сравнению с 2000-2010 годы.

Количество осадков в мае в период 2011-2022 годы составило 47,2 мм и оказалось ниже на 13,9 мм по сравнению с 2000-2010 годы, когда количество составило

33,3 мм. В июне в 2011-2022 годы количество осадков меньше на 8,1 мм по сравнению с 2000-2010 годы. В июле изменения количества не существенные – в 2011-2022 годы количество осадков меньше всего на 0,7 мм, чем 2000-2010 годы (табл. 4).

Таким образом, количество осадков во вторую часть исследуемого периода уменьшилось.

Таблица 4 - Изменение количества осадков (°C) в мае, июне и июле в 2000-2010 годы и 2011-2022 годы

Количество осадков, мм					
май		июнь		июль	
2000-2010 годы	2011-2022 годы	2000-2010 годы	2011-2022 годы	2000-2010 годы	2011-2022 годы
47,2	33,3	65,0	56,9	59,9	59,2

В таблице 5 представлены результаты зависимости (корреляционной связи), которые демонстрируют связь урожайности гречихи с температурой воздуха и осадками. Как следует из расчетов, в мае связи и по температуре воздуха, и по осадкам незначимые, значения ниже критической величины.

Из таблицы 5 также следует, что значимые связи урожайности гречихи установлены с температурой воздуха в июне и июле и

с осадками в июне. В июле отсутствует зависимость урожайности гречихи от количества осадков.

На рисунке 2 представлена зависимость урожайности гречихи от температур воздуха июня. Коэффициент наклона линейного тренда данной зависимости отрицательная, что говорит о том, что с повышением температуры воздуха количество собранного урожая гречихи снизится.

Таблица 5 - Коэффициенты корреляции урожайности гречихи с температурой воздуха и осадками в 2000-2022 годы

Температура воздуха			Осадки		
май	июнь	июль	май	июнь	июль
-0,39	-0,51	-0,59	0,34	0,52	0,38

Примечание: Критический коэффициент корреляции при $p \geq 0,95$ равен $r \geq 0,41$.

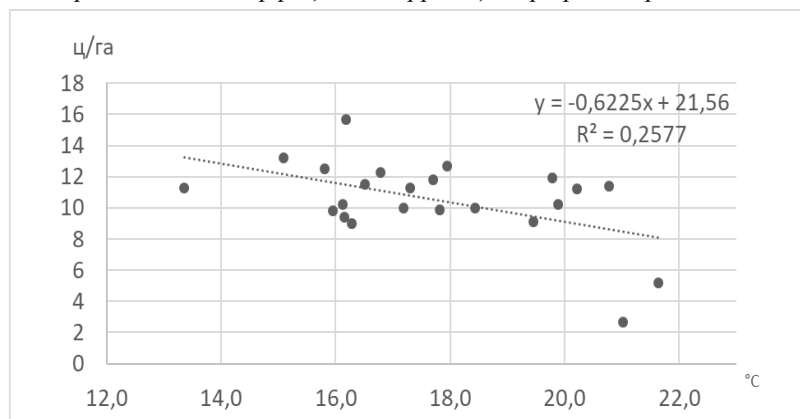


Рис. 2 – Зависимость урожайности гречихи от температуры воздуха июня

Анализ корреляционной связи урожайности с основными метеорологическими показателями, что существенную роль играют температуры воздуха июня и июля, также осадки, выпавшие в июне, что так же было отмечено [4].

Как видно из таблицы 5, коэффициент корреляции урожайности гречихи с температурой воздуха июня и июля отрицательная, что так же доказывает о снижении урожайности с повышением температуры воздуха.

С осадками корреляционная связь положительная и значительная в июне, то есть увеличение количества осадков июня благоприятно сказывается на урожайности гречихи.

Выводы. Таким образом, погодные

аномалии, наблюдавшиеся в 2010 году оказали негативное влияние на формирование урожая гречихи.

В результате исследований выявлено в 2011–2022 годы по сравнению с периодом 2000–2010 годы значимое повышение средней температуры воздуха в мае и июне, в наиболее важные периоды для формирования урожая.

Установлена значимая связь урожайности гречихи с температурой воздуха в июне и июле и осадками в июне. Коэффициент корреляции с температурой воздуха отрицательная, с осадками – положительная, что доказывает о снижении урожайности с повышением температуры воздуха и повышении ее с увеличением количества осадков.

Литература

1. Якименко А.Ф. Гречиха. М.: Колос, 1982. 196 с.
2. Современная технология возделывания гречихи и проса в Республике Башкортостан (методические рекомендации) / А. А. Сахибгареев, Р. Л. Акчурин и др. Уфа, 2015. 66 с.
3. Рахимова Г. М., Бакирова Э. Р. Продуктивность сортов гречихи в условиях Татышлинского и Учалинского районов Республики Башкортостан // Российский электронный научный журнал. 2023. № 1(47). С. 148-156. <https://doi.org/10.31563/2308-9644-2023-47-1-148-156>.
4. Никитина В. И., Вагнер В. В. Влияние метеорологических факторов на урожайность и продолжительность вегетационного периода сортов гречихи посевной в лесостепной зоне Южно-Минусинского округа // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5(182). С. 3-8. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-5-3-8>.
5. Продуктивность различных видов яровой пшеницы в зависимости от фона питания при различных нормах высева в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, М. Ф. Амиров, И. М. Сержанов и др. // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2023. № 1(5). С. 46-51. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-46-51>.
6. Ефименко Д. Я., Барабаш Г. И. Гречиха. Москва: Агропромиздат, 1990. 192 с.
7. Мустафина А. Б. Основные особенности влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Республике Татарстан // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2019. № 2(372). С. 144-153.
8. Мустафина А. Б. Агроклиматические условия Республики Татарстан // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2018. Т. 28. № 3. С. 298-307.
9. Павлова В. Н. Агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России при реализации новых климатических сценариев в XXI веке // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2013. № 569. С. 20-37.
10. Противоэрозионная мелиорация в Республике Татарстан / М. М. Хисматуллин, А. Р. Валиев, М. М. Хисматуллин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 2(66). С. 47-54. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-45-52>.
11. Павлова В. Н., Каланка П., Караченкова А. А. Продуктивность зерновых культур на территории Европейской России при изменении климата за последние десятилетия // Метеорология и гидрология. 2020. №1. С. 78-94.
12. Кадырова Ф. З., Климова Л. Р., Кадырова Л. Р. О некоторых приемах оптимизации возделывания гречихи в засушливых условиях // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 5. С. 30-33. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10507>.
13. Сафин Р. И., Валиев А. Р., Колесар В. А. Современное состояние и перспективы развития углеродного земледелия в Республике Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 7-13. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-7-13>.
14. Кадырова Ф. З., Кадырова Л. Р. Особенности репродуктивной биологии *Fagopyrum esculentum* Moench в условиях Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2014. Т. 9. № 4(34). С. 131-134. <https://doi.org/10.12737/7746>.
15. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.
16. Роль и место орошаемого земледелия в производстве сельскохозяйственной продукции и его экономическая эффективность (опыт Республики Татарстан) / М. М. Хисматуллин, М. М. Хисматуллин, А. Р. Валиев и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 160-166. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-160-166>.
17. Климова Л. Р., Кадырова Ф. З. Оценка продуктивности и качества урожая сортов гречихи обыкновенной в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 4(68). С. 5-10. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-5-10>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Мустафина Айсылу Билаловна - кандидат географических наук, старший преподаватель, e-mail: aysl_mustafina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5864-1727>
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

THE INFLUENCE OF AGROCLIMATIC CONDITIONS ON BUCKWHEAT YIELD FORMATION IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN FROM 2000 TO 2022

A. B. Mustafina

Abstract. The studies were carried out in order to study the impact of meteorological conditions on the yield of buckwheat in the Republic of Tatarstan in the period 2000-2022. The dynamics of buckwheat yield from 2000 to 2022 was considered, the average yield was equal to 10,5 c/ha. The range of yield fluctuations in the study years turned out to be 13,0 c/ha. The highest yield was recorded in 2008, when humidification conditions were favorable for the development of buckwheat plants, while the minimum figure was recorded in 2010 due to lack of precipitation and high temperature tension, which negatively affected the growth, flowering and maturation of the crop. To assess the dynamics of buckwheat yield development over time, indicators characterizing the dynamics of time series were analyzed. During the study period, variable dynamics of buckwheat yield was observed in the Republic of Tatarstan. The maximum increase was in 2011 compared to the previous year and amounted to 9,6c/ha, which is an increase of 355,6%. The highest yield rates were recorded in 2011 and 2022 – 455,6% and 226,9 %, respectively. The minimum rates of buckwheat yield in Tatarstan were noted in 2010 (22,7%), 2021 (55,3%) and 2018 (68,2%). Air temperatures of the month of May, June and July during the periods 2000-2010 and 2011-2022 were compared. It was found that in the period 2011-2022 the average air temperature of the months considered is 0.8-1.0 °C higher than in 2011-2022. Analysis of the correlation of yield with the main meteorological indicators showed that air temperatures in June and July and precipitation in June play an important role for high yields.

Key words: buckwheat, agroclimatic conditions, yield, Republic of Tatarstan.

For citation: Mustafina A.B. The influence of agroclimatic conditions on buckwheat yield formation in the Republic of Tatarstan from 2000 to 2022. *Agrobiotechnologies and digital farming.* 2023; 4(8); 37-42

References

1. Yakimenko A. F. Grechiha [Buckwheat]. M.: Kolos. 1982. 196.
2. Sakhibgareev A. A., Akchurin R. L. *Sovremennaja tehnologija vozdevlyvanija grechihi i prosa v Respublike Bashkortostan* [Modern technology of buckwheat and millet cultivation in the Republic of Bashkortostan]. Ufa. 2015. 66.
3. Rakhimova G. M., Bakirova E. R. [Productivity of buckwheat varieties in the Tatyshtlinsky and Uchalinsky districts of the Republic of Bashkortostan]. *Rossijskij elektronnyj nauchnyj zhurnal.* 2023; 1(47): 148-156. <https://doi.org/10.31563/2308-9644-2023-47-1-148-156>.
4. Nikitina V. I., Wagner V. V. [The influence of meteorological factors on the yield and duration of the growing season of buckwheat varieties sown in the forest-steppe zone of the South Minusinsk District]. *Vestnik KrasGAU.* 2022; 5 (182): 3-8. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-5-3-8>.
5. Shaikhutdinov F. Sh., Amirov M. F., Serzhanov I. M. [The productivity of various types of spring wheat depending on the background of nutrition at various sowing rates in the conditions of the Predkam zone of the Republic of Tatarstan]. *Agrobiotekhnologii i cifrovoe zemledelie.* 2023; 1(5): 46-51. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2023-46-51>.
6. Efimenko D. Ya., Barabash G. I. Grechiha [Buckwheat]. M.: Agropromizdat. 1990. 192.
7. Mustafina A. B. [Main features of the influence of weather conditions on the yield of grain crops in the Republic of Tatarstan]. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy.* 2019; 2(372): 144-153.
8. Mustafina A. B. [Agroclimatic conditions of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle.* 2018; 28. 3: 298-307.
9. Pavlova V. N. [Agroclimatic resources and productivity of Russian agriculture in the implementation of new climatic scenarios in the XXI century]. *Trudy Glavnoj geofizicheskoj observatorii im. A.I. Voejkova.* 2013; 569: 20-37.
10. Khismatullin M. M., Valiev A. R., Khismatullin M. M. [Anti-erosion reclamation in the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2022; 17. 2(66): 47-54. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-45-52>.
11. Pavlova V. N., Kalanka P., Karachenkova A. A. [Productivity of grain crops in the territory of European Russia under climate change over the past decades]. *Meteorologiya i gidrologiya.* 2020; 1: 78-94. EDN OPLARE.
12. Kadyrova F. Z., Klimova L. R., Kadyrova L. R. [On some methods of optimizing buckwheat cultivation in arid conditions]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 2019; 33. 5: 30-33. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10507>.
13. Safin R. I., Valiev A. R., Kolesar V. A. [The current state and prospects for the development of carbon agriculture in the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2021; 16. 3 (63): 7-13.
14. Kadyrova F. Z., Kadyrova L. R. [Features of reproductive biology *Fagopyrum esculentum* Moench in the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2014; 9. 4(34): 131-134. <https://doi.org/10.12737/7746>.
15. Tretij ocenochnyj doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. Obschnee rezyume [Third assessment report on climate change and its effects in the Russian Federation. General summary.] SPb.: Naukoemkie tekhnologii. 2022. 124.
16. Khismatullin M. M., Khismatullin M. M., Valiev A. R. [The role and place of irrigated agriculture in the production of agricultural products and its economic efficiency (experience of the Republic of Tatarstan)]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2021; 16. 3(63): 160-166. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-160-166>.
17. Klimova L. R., Kadyrova F. Z. [Assessment of productivity and quality of the crop of buckwheat varieties in the conditions of the Predkama zone of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2022; 17. 4(68): 5-10. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2023-5-10>.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Author:

Mustafina Aysyly Bilalovna - Ph. D. of Geographical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Land Management and Cadastre, e-mail: aysly_mustafina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5864-1727>
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.