

## Особенности формирования урожая сои на территории Республики Башкортостан

К. Р. Исмагилов<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, Уфа, Россия

✉ E-mail: ismagilovk@mail.ru

**Аннотация.** Цель – установление особенностей формирования урожая зерна сои на территории Республики Башкортостан. **Методы.** В ходе работы проводили анализ статистической информации возделывания сои и агроклиматических ресурсов на территории Республики Башкортостан, полевой опыт и полевые наблюдения. Теплообеспеченность сои оценивали по сумме активных температур, влагообеспеченность – по сумме осадков, относительной влажности воздуха и гидротермическому коэффициенту (ГТК) в период вегетации сои (июнь – август). Сумму активных температур, сумму осадков и гидротермический коэффициент в годы исследования рассчитывали с использованием статистических данных Федеральной службы государственной статистики. Изменчивость признаков оценивали коэффициентом вариации. Характер и степень взаимосвязи признаков определяли методом корреляционно-регрессионного анализа с использованием компьютерной программы Excel. **Результаты.** Установлены особенности процесса формирования урожайности сои на территории Республики Башкортостан. Морфометрические показатели растений сои СИБНИИК 315 на территории Республики Башкортостан имеют меньшую величину, чем параметры паспорта данного сорта. Основными лимитирующими факторами роста и развития растений, урожайности сои на территории Республики Башкортостан являются влага (коэффициент корреляционного отношения – 0,866) и тепло (коэффициент корреляционного отношения – 0,592). Плодородие почвы на большей части территории республики достаточно высокое для роста и развития растений и не лимитирует формирование урожая сои. Установлено, что зависимость урожайности сои от суммы осадков, суммы активных температур и ГТК имеет форму одновершинной кривой. На территории Республики Башкортостан в теплообеспеченные годы восполнить недостаток влаги для формирования урожая сои возможно поливом посевов. Орошение способствовало формированию урожайности сои в полевых опытах на 5–6,4 ц/га больше, чем на богаре. **Научная новизна.** Выявлены особенности формирования урожая сои и установлена степень и характер зависимости урожайности зерна сои от суммы осадков и суммы активных температур в период с июня по август.

**Ключевые слова:** соя, рост и развитие растений, урожайность, агроклиматические ресурсы.

**Для цитирования:** Исмагилов К. Р. Особенности формирования урожая сои на территории Республики Башкортостан // Аграрный вестник Урала. 2023. № 02 (231). С. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-2-13.

**Дата поступления статьи:** 20.12.2022, **дата рецензирования:** 16.01.2023, **дата принятия:** 27.01.2023.

### Постановка проблемы (Introduction)

Соя (*Glycine max* L. Merr.) – самая распространенная зернобобовая культура в мире благодаря высокому содержанию белка и масла, разностороннего ее использования в технических, кормовых и пищевых целях [1]. В Российской Федерации в последние годы происходит расширение производства зерна сои: ее посевные площади в 2021 г. составили 3,068 млн га, валовые сборы зерна – 4,76 млн т. Основные площади посева сои сосредоточены в Амурской области и Приморском крае, где благоприятные природные условия для форми-

рования ее урожая. Успешно возделывают сою в Курской, Белгородской, Воронежской, Тамбовской, Орловской областях и в Краснодарском крае [2]. В последние годы благодаря созданию скороспелых сортов наметилось распространение этой культуры и в других регионах страны [3]. В Республике Башкортостан была попытка возделывания сои в производственных условиях в 1980-е гг., ее площади посева составили около 300 га. Однако в дальнейшем возделывание сои в республике не получило развития [2]. В последние годы интерес к данной культуре возрос, намечено расширение площади посева сои и доведения до 100 тыс. га.

Агроэкономическая целесообразность расширения возделывания сои в северные районы наряду с наличием адаптированного сорта к природным условиям, разработанностью технологии определяется уровнем природных ресурсов и неблагоприятных факторов [4–6]. Агроклиматические ресурсы (тепло, влага, продолжительность вегетационного периода) и факторы (заморозки, град и др.) определяют рост и развитие, в целом фотосинтетическую продуктивность растений, а также жизнедеятельность азотофиксирующих бактерий сои. При неблагоприятных гидротермических условиях активность симбиоза клубеньковыми бактериями резко снижается и фиксируется всего 20–60 кг азота воздуха на 1 га [7; 8]. В итоге от уровня агроклиматических ресурсов и напряженности факторов зависит урожайность зерна и содержание в нем белка [9]. Соя – культура муссонного климата, предъявляет повышенные требования к обеспечению влагой и теплом. В то же время климат на территории Республики Башкортостан континентальный [10]. Поэтому для обоснования возможности возделывания, подбора сортов и уточнения технологии возделывания необходимо знание особенностей формирования урожая на территории республики [11].

В настоящее время совершенно недостаточно изучены особенности формирования урожая сои для селекции и подбора сортов, оптимизации ее технологии возделывания в Республике Башкортостан. Впервые изучение биологии сои была проведена еще 1930-е гг. [12], в 2000-е гг. Ф. А. Газизовым [13] изучалась фотосинтетическая деятельность и симбиотическая фиксация атмосферного азота соей. В последние годы изучена продуктивность сортов сои [14] и проведено обоснование размещения сои на территории Республики Башкортостан [15].

В этой связи цель наших исследований состояла в выявлении особенностей формирования урожая зерна сои на территории Республики Башкортостан.

#### **Методология и методы исследования (Methods)**

Для реализации поставленной цели проводили анализ статистической информации возделывания сои и агроклиматических ресурсов на территории Республики Башкортостан, полевой опыт и полевые наблюдения. Теплообеспеченность сои оценивали по сумме активных температур, влагообеспеченность – по сумме осадков, относительной влажности воздуха и гидротермическому коэффициенту (ГТК) в период вегетации сои (июнь – август). Для этого были использованы многолетние климатические данные метеорологических станций [10]. Сумму активных температур, сумму осадков и гидротермический коэффициент в годы исследования рассчитывали с использованием статистических данных Федеральной службы государственной статистики [2]. Изменчивость признаков оценивали коэффициентом вариации. Характер и степень вза-

имосвязи признаков определяли методом корреляционно-регрессионного анализа с использованием компьютерной программы Excel.

В 2018–2021 гг. провели посев сои сорта СИБНИИК 315 в ООО «Асян» Дюртюлинского района и полевой опыт с орошением в ООО СХП «Нерал-Буздяк» Буздякского района. ООО «Асян» расположен в южной лесостепи, ООО СХП «Нерал-Буздяк» – в Предуральской степи республики. Схема полевого опыта в ООО СХП «Нерал-Буздяк» включала варианты без орошения и с орошением (поливная норма – 400 м<sup>3</sup>/га). Размер делянок – 400 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов трехкратная, размещение делянок систематическое. Способ посева обычный рядовой. В течение вегетации проводили полевые наблюдения за ростом и развитием растений и перед уборкой определяли элементы структуры урожайности. Для анализа продуктивности растений брали с каждой делянки снопы с площадью 1 м<sup>2</sup>. Учет урожайности проводили сплошным обмолотом зерновым комбайном. В опытах использовали сорт СИБНИИК 315, выведенный в Сибирском НИИ кормов, который включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Уральскому региону. Сорт раннеспелый, вегетационный период от всходов до созревания 92–105 дней. Обладает высокими адаптивными способностями к изменяющимся условиям произрастания [16]. Данный сорт по результатам исследований остается одним из скороспелых и адаптированных к природным условиям Республики Башкортостан [14].

#### **Результаты (Results)**

Анализ статистических данных показал на значительное расширение площадей посева сои в хозяйствах Республики Башкортостан в последние годы (рис. 1). Если соя в 2017 г. высевалась на площади 517 га, то в 2020 г. – на площади 2156 га, а в 2022 г. – на площади 8752 га, что в структуре посевных площадей зернобобовых культур составляет около 10 %. В то же время урожайность сои колеблется как по годам, так и по хозяйствам республики. Коэффициент вариации урожайности по хозяйствам в 2022 г. составил 40,7 %. В засушливые годы урожайность сои резко снижается. Так, в 2021 г. ее урожайность по республике составила 7,5 ц/га.

Продуктивность сельскохозяйственной культуры, в том числе сои, закладывается еще в начальные этапы вегетации и определяется характером роста и развития растений [9]. Полевые наблюдения в ООО «Асян» показали существенное варьирование в годы исследования высоты растений сои сорта СИБНИИК 315. Данный фитометрический показатель растения изменялся в диапазоне от 50 см (2021 г.) до 75 см (2020 г.) и в среднем за 5 лет составил 65,4 см. Это значительно ниже высоты растений данного сорта (70–85 см), указанной в

его характеристике. Высота прикрепления нижних бобов – важный показатель растений сои, влияющий на технологию и потери урожая при уборке. Высота прикрепления нижних бобов в среднем за 5 лет составила 11,0 см, что в пределах (11–13 см) параметров сорта СИБНИИК 315. Величина данного показателя коррелирует с высотой растений: чем больше высота растений, тем больше высота прикрепления нижних бобов (таблица 1). Продуктивность сои определяется количеством бобов на растение, зерен в бобе и массой 1000 зерен. Количество зерен в бобе варьировало в годы исследования от 1,4 до 1,8 шт. и в среднем за годы изучения составило 1,68 шт. (таблица 2). Это меньше величины данного параметра сорта СИБНИИК 315 (2–3 шт.). Количество зерен в бобе и на растение, как и другие показатели, значительно варьировало по годам. В среднем за 5 лет образовалось на рас-

тении 18,6 боба, количество зерен в расчете на одно растение составило 31,6 шт. Масса 1000 зерен изменялась по годам от 122 до 135 г и в среднем за годы изучения составила 130,2 г, что меньше величины данного параметра сорта СИБНИИК 315 на 30–50 г.

Важным показателем роста и развития растений для условий республики является продолжительность вегетационного периода. В годы исследования продолжительность вегетации (всходы – созревание) изменялась в пределах от 80 дней (2021 г.) до 117 дней (2020 г.) и в среднем составила 94 дня. Согласно характеристике сорта СИБНИИК 315, продолжительность его вегетации равна 92–105 дней.

В конечном счете урожайность сои составила в среднем за годы исследования 12,2 ц/га с колебанием по годам от 8,2 ц/га (2021 г.) до 14,5 ц/га (2020 г.) (таблица 2).

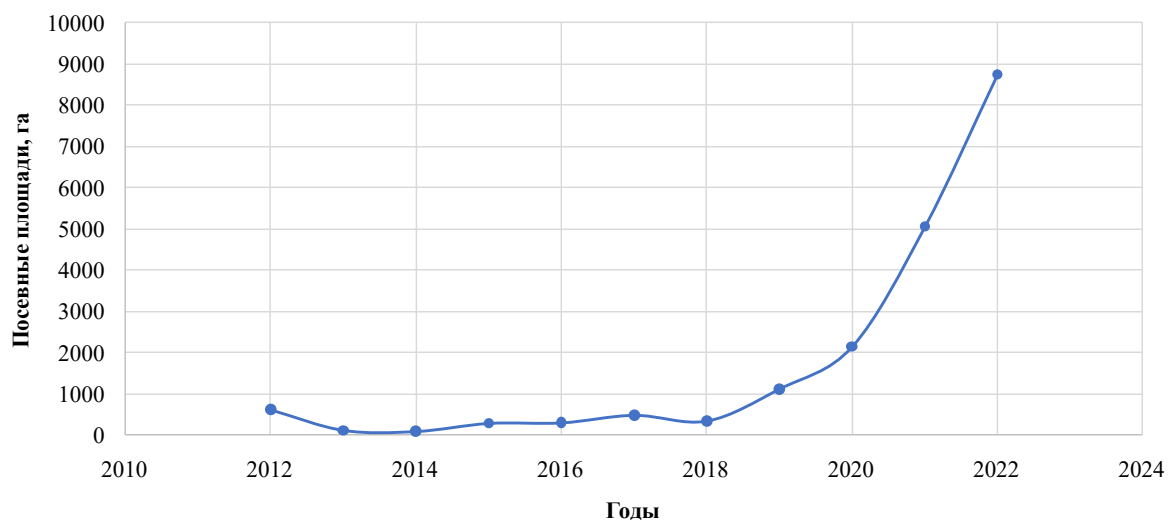


Рис. 1. Динамика посевных площадей сои по годам в Республике Башкортостан

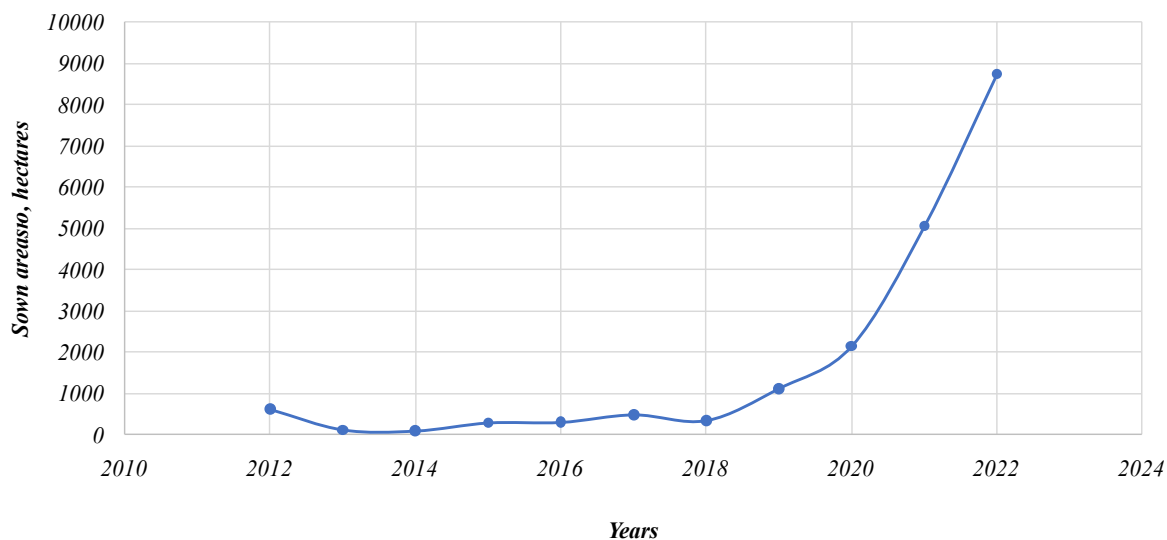


Fig. 1. Dynamics of soybean acreage by year in the Republic of Bashkortostan

Таблица 1  
Показатели роста и развития растений сои (ООО «Асян»)

Год	Высота растения, см	Высота прикрепления нижних бобов, см	Продолжительность вегетации (всходы – созревание семян), сутки
2018	68	12.0	92
2019	70	12.3	91
2020	75	13.2	117
2021	50	7.7	80
2022	64	9.8	89
В среднем за 2016–2022 гг.	65,4	11,0	94

Table 1  
Indicators of growth and development of soybean plants in the Republic of Bashkortostan (LLC “Asyan”)

Year	Height of the plant, cm	Height of attachment of lower beans, cm	Duration of vegetation (germination – maturation of seeds), days
2018	68	12.0	92
2019	70	12.3	91
2020	75	13.2	117
2021	50	7.7	80
2022	64	9.8	89
On average for 2016–2022	65.4	11.0	94

Таблица 2  
Показатели продуктивности растений и урожайность зерна сои (ООО «Асян»)

Год	Количество, шт.			Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га
	Бобов на растении	Зерен в бобе	Зерен с растения		
2018	19	1.8	34.2	130	13.3
2019	20	1.7	34.1	131	12.9
2020	20	1.8	36.6	135	14.5
2021	16	1.4	22.4	122	8.2
2022	18	1.7	30.6	133	12.2
В среднем за 2016–2022 гг.	18,6	1,68	31,6	130,2	12,2

Table 2  
Indicators of plant productivity and yield of soybean grain (Asyan LLC)

Year	Quantity, pcs.			Weight 1000 grains, g	Yield, c/ha
	Beans on the plant	Grains in a bean	Grains from the plant		
2018	19	1.8	34.2	130	13.3
2019	20	1.7	34.1	131	12.9
2020	20	1.8	36.6	135	14.5
2021	16	1.4	22.4	122	8.2
2022	18	1.7	30.6	133	12.2
On average for 2016–2022.	18.6	1.68	31.6	130.2	12.2

Урожайность зерна сои в хозяйствах республики также относительно невысокая и подвержена изменчивости по годам (таблица 3). В среднем в годы возделывания сои сравнительно на больших площадях (2016–2021 гг.) урожайность ее составила 10,0 ц/га. Для сравнения урожайность сои в эти годы в Российской Федерации составила 15,2 ц/га.

Статистический анализ показал, что величина параметров роста и развития, урожая зерна сои на территории Республики Башкортостан в значительной мере определяется агроклиматическими ресурсами, среди которых для формирования урожая зерна сои особенно значимы влагообеспечен-

ность и теплообеспеченность. Климат на территории Республики Башкортостан континентальный с относительно теплым летом и продолжительной умеренно холодной зимой. Средняя годовая температура воздуха составляет 0,3–3,5 °С. Средний многолетний максимум (16,5–19,5 °С) отмечается в июле. Летом максимальная температура воздуха достигает 36,5–42 °С, зимой абсолютный минимум температуры воздуха –41...–53 °С. Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С происходит 3–9 апреля весной и 20–26 октября осенью. Сумма положительных температур за период с температурой выше 10 °С составляет 1900–2350 °С [10]. Для роста и развития растений сои в зависимости от района возделывания и длины вегетационного периода сорта необходима сумма температур от 1700 °С до 3000 °С (при среднесуточной температуре 15–22 °С). Всходы чувствительны к заморозку и повреждаются при температуре ниже –2 °С. В осенний период растения от заморозков погибают. Благоприятные условия для цветения создаются при влажности почвы 70–90 % от наименьшей полевой влагоемкости, относительной влажности воздуха 70 % и температуре воздуха 22–25 °С [16].

Исследования показали, рост и развитие растений и урожайность сои южной лесостепи республики в средней степени зависят от суммы активных температур в период вегетации (июнь – август). Коэффициент корреляционного отношения составил 0,592. Данная зависимость криволинейная и имеет форму параболы (рис. 2), достаточно надежно описывается следующим уравнением регрессии

$$Y = -0,00009x^2 + 0,3088x - 259,65,$$

где Y – урожайность зерна, ц/га;

x – сумма активных температур за период с июня по август, мм.

Согласно данному уравнению регрессии, максимальная урожайность сои сорта СибНИИК 315 формируется при сумме активных температур за период июнь – август, равной 1750–1780 °С.

Среднемноголетняя сумма температур за данный период на территории южной лесостепи республики составляет 1724 °С. По нашим расчетам вероятность суммы активных температур за период с июня по август, равной 1750–1780 °С, составляет 52–56 %. Следовательно, в южной лесостепи республики оптимальная сумма активных температур для формирования урожая сои встречается в 5–6 годах из 10 лет.

Таблица 3

**Агроклиматические ресурсы и урожайность сои в Республике Башкортостан**

Год	Сумма среднесуточных температур за июнь – август	Сумма осадков за июнь – август, мм	ГТК	Урожайность, ц/га
2016	1904	95	0,5	10,6
2017	1634	282	1,72	8,1
2018	1689	108	0,64	11,0
2019	1610	152	0,94	10,6
2020	1701	202	1,19	12,3
2021	1926	51	0,26	7,5
2022	1735	154	0,89	10,1
В среднем за 2016–2022 гг.	1743	149	0,88	10,0

Table 3

**Agroclimatic resources and soybean yield in the Republic of Bashkortostan**

Year	Sum of average daily temperatures for June – August	Precipitation for June – August, mm	Hydrothermal coefficient	Yield, c/ha
2016	1904	95	0.5	10.6
2017	1634	282	1.72	8.1
2018	1689	108	0.64	11.0
2019	1610	152	0.94	10.6
2020	1701	202	1.19	12.3
2021	1926	51	0.26	7.5
2022	1735	154	0.89	10.1
On average for 2016–2022	1743	149	0.88	10.0

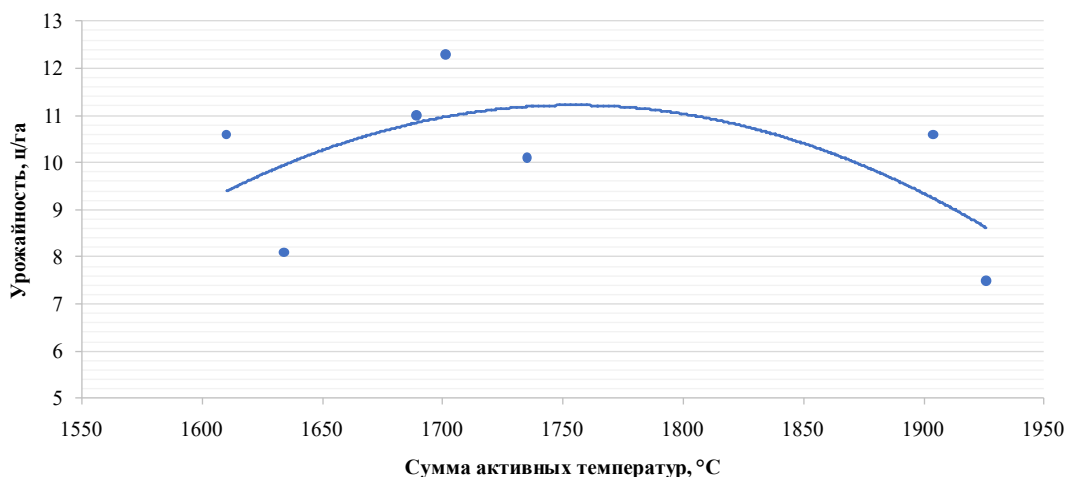


Рис. 2. Зависимость урожайности сои от суммы активных температур за период с июня по август

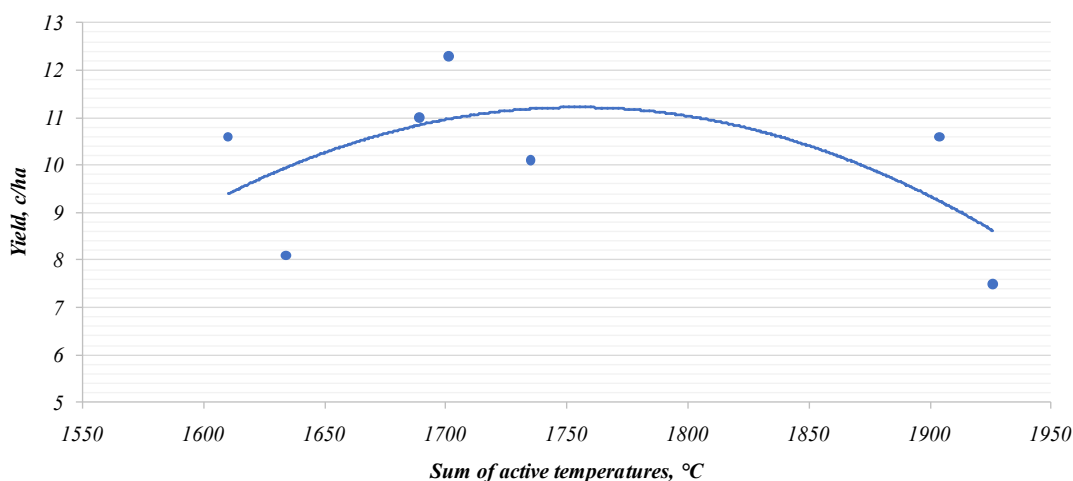


Fig. 2. Dependence of soybean yield on the sum of active temperatures for the period from June to August

Период активной вегетации растений сои ограничивается датами устойчивого перехода температуры воздуха через  $10^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность данного периода на территории республики в среднем составляет 121 день [10]. Н. И. Корсаков сорта сои по продолжительности активной вегетации подразделял на следующие группы: ультрараннеспелые – менее 80 дней; очень раннеспелые – 80–99 дней; раннеспелые – 100–109 дней; среднеранние – 110–119 дней [17]. Как видно из вышеприведенных данных, на территории Республики Башкортостан продолжительность вегетационного периода по классификации Н. И. Корсакова достаточная и для среднеранних сортов. Исследования показали, что продолжительность периода активной вегетации сои положительно коррелируют с суммой активных температур. Однако соотношение суммы активных температур и продолжительности вегетационного периода на территории республики несколько отличается от общепринятых величин. Одна и та же сумма температур на территории республики набирается при большей продолжительности вегета-

ционного периода, что обусловлено сравнительно низкой величиной среднесуточных температур.

Соя по происхождению относится к растениям влажного климата. На формирование единицы урожая она расходует воды больше, чем другие зернобобовые культуры (транспирационный коэффициент – 520). Наиболее требовательна соя к влажности почвы, а в период цветения и образования бобов – еще и влажности воздуха. Оптимальная относительная влажность воздуха во время цветения растений равна 75 % и выше. Плодообразование – критический период онтогенеза сои. Низкая влажность почвы и воздуха вызывают осыпание завязей и отмирание уже завязавшихся семян в бобах, что приводит к значительному снижению продуктивности растений [16].

Количество осадков за год на территории республики варьирует от 355 (равнинная часть территории) до 650 мм (западные склоны Урала), в том числе за период с температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$  – от 185 до 275 мм, гидротермический коэффициент – от 0,8 до 1,5 [10].

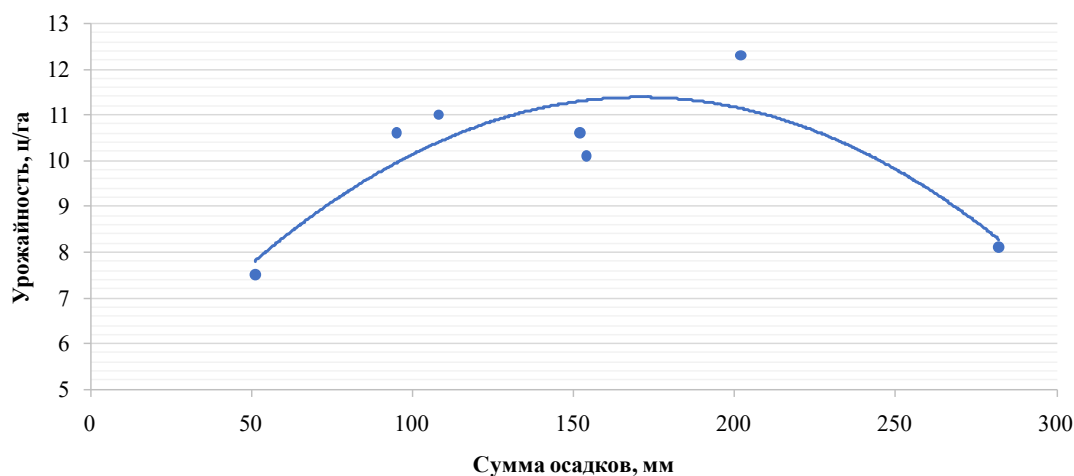


Рис. 3. Зависимость урожайности зерна сои от суммы осадков в период с июня по август

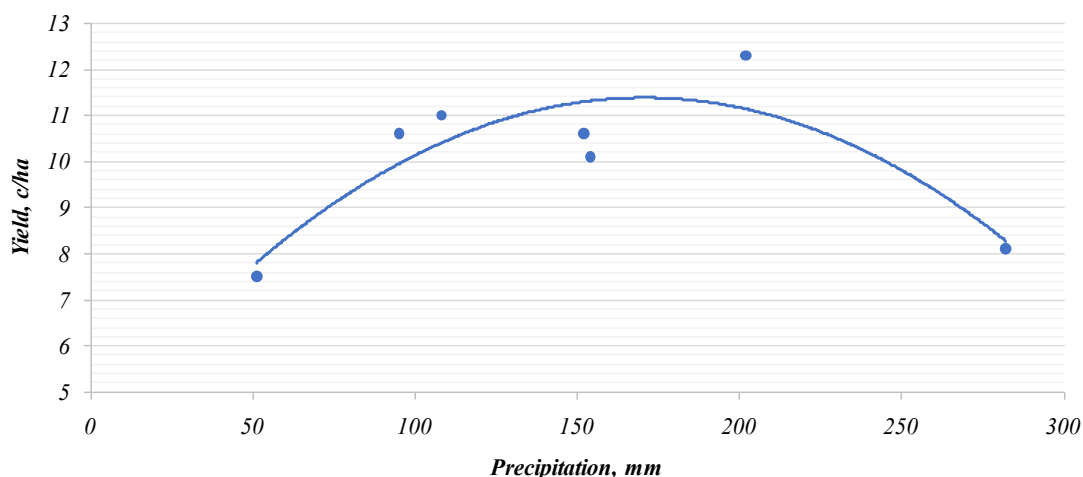


Fig. 3. Dependence of soybean grain yield on the amount of precipitation in the period from June to August

Корреляционный анализ показал на сильное влияние количество осадков с июня по август на урожайность сои (коэффициент корреляционного отношения 0,866). Зависимость урожайности сои от суммы осадков за этот период описывается следующим уравнением регрессии:

$$Y = -0,0003x^2 + 0,0854x + 4,0988,$$

где  $Y$  – урожайность зерна, ц/га;

$x$  – сумма осадков за период с июня по август, мм.

На рис. 3 представлен график данной зависимости в виде параболы. Согласно уравнению регрессии, наибольшая урожайность сои в южной лесостепи республики формируется при выпадении 170–190 мм дождей.

Для сои как растения тропического климата важна относительно высокая влажность воздуха – 70–75 % [16]. Климат на территории Республики Башкортостан континентальный, относительная

влажность воздуха в период с июня по август составляет 66–71 % [10]. Относительная влажность воздуха на территории республики недостаточно благоприятна для произрастания растений сои.

Комплексным показателем влагообеспеченности растений является гидротермический коэффициент. Средняя многолетняя величина ГТК периода активной вегетации сои (июнь – август) на рассматриваемой территории республики, по нашим расчетам, равна 1,0. Следовательно, климат территории республики является слабозасушливым и засушливым. Как и в случае с суммой осадков, наблюдается тесная зависимость урожайности сои от ГТК (коэффициент корреляционного отношения – 0,862). Данная зависимость также имеет форму параболы, наибольшая урожайность формируется при ГТК периода «июнь – август», равном 1,0–1,1 (рис. 4).

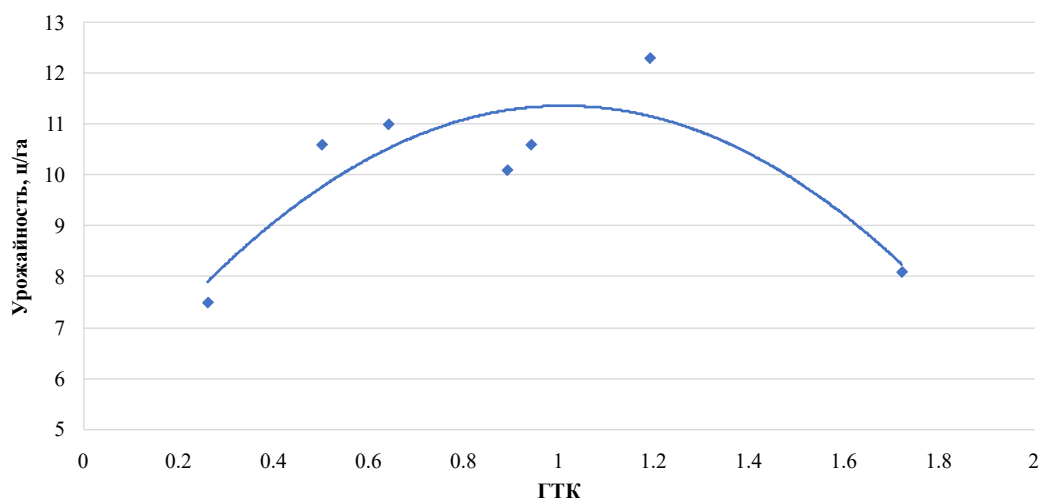


Рис. 4. Зависимость урожайности сои от ГТК

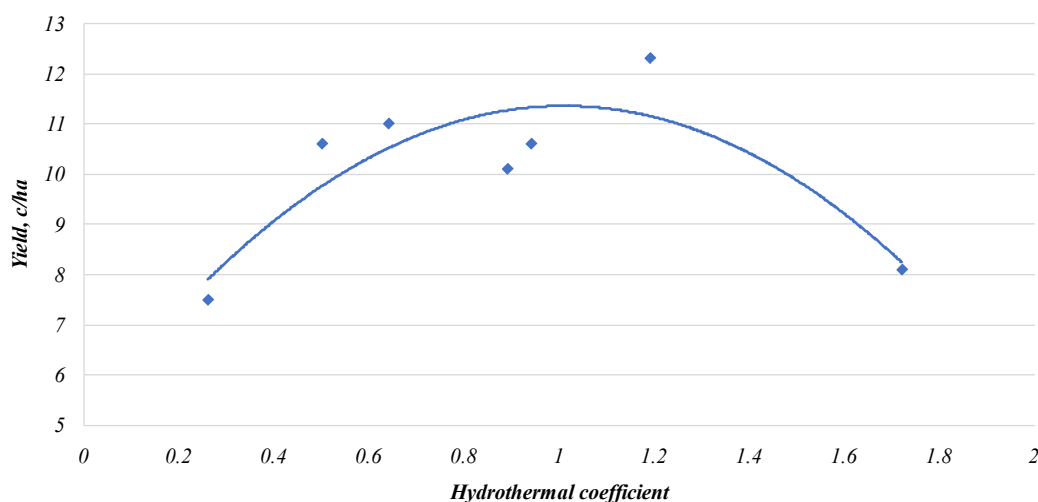


Fig. 4. Dependence of soybean yield on hydrothermal coefficient

Улучшение влагообеспеченности растений сои заметно повысила урожайность. В полевом опыте в 2018 г. в ООО «Нерал-Буздяк» урожайность зерна сои сорта СибНИИК 315 в варианте без орошения составила 12,1 ц/га, в варианте с орошением – 18,5 ц/га [18]. В этом варианте образовалось 18 бобов на 1 растение, масса 1000 зерен – 180 г. В 2019 г. урожайность зерна сои в варианте без орошения составила 14,5 ц/га, в варианте с орошением – 19,5 ц/га. Растения сои в варианте с орошением имели в среднем 27 бобов и массу 1000 зерен 170 г.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Процесс формирования урожайности сои на территории Республики Башкортостан имеет свои особенности, обусловленные континентальным климатом. Морфометрические показатели растений сои СИБНИИК 315 (высота растений, высота прикрепления нижних бобов, количество бобов на растение, количество зерен в бобе и на растении, размеры зерна) на территории Республики Башкортостан имеют меньшую величину, чем параметры паспорта данного сорта. Кроме того, рост и разви-

тие растений сои сорта СИБНИИК 315 также подвержены модификационной изменчивости по годам вегетации вследствие изменения агрометеорологических условий вегетации. Модификационной изменчивостью растений сои является механизм адаптации генотипа к изменившимся условиям среды [19].

Основными лимитирующими факторами роста и развития растений, урожайности сои на территории Республики Башкортостан являются влага и тепло. Плодородие почвы на большей части территории республики достаточно высокое для роста и развития растений и не лимитирует формирование урожая сои. Черноземные почвы содержат 6–9 % гумуса и имеют слабокислую и нейтральной реакцию (рН 6–7).

В Амурской области, где сравнительно благоприятные природные условия, продуктивность сои также зависит от суммы активных температур воздуха в период «посев – всходы» ( $r = -0,87$ ) и суммы осадков и ГТК в период «всходы – цветение» ( $r = -0,64$  и  $-0,60$ ) [20]. Урожайность в Приморском



крае также положительно связана с суммой температур выше 10 °С и отрицательно связана с осадками в октябре, в то время как в Краснодарском крае она положительно связана с гидротермальным коэффициентом [21]. Урожайность зерна сои в Германии положительно коррелирует с солнечной радиацией ( $r = 0,32$ ) и осадками ( $r = 0,33$ ), но отрицательно с ресурсами тепла ( $r = -0,42$ ) [22]. Сорт Амадеус нейтрален к изменению влагообеспеченности в течение вегетации и наиболее стабилен по продуктивности [23].

В отличие от вышеприведенных результатов нашими исследованиями установлена зависимость урожайности сои от суммы осадков, суммы активных температур и ГТК, которая имеет форму одновершинной кривой. С ростом данных агроклиматических ресурсов урожайность сои повышается и в дальнейшем, достигнув максимальной величины, снижается. Вероятно, снижение урожайности при высокой сумме температур вызвано недостатком

влаги. Из анализа агрометеорологических показателей видно, что высокая температура и сумма осадков обратно взаимосвязаны, т. е. вегетационный период с высокой температурой на территории республики обычно сопровождается засухой. Снижение урожайности в годы с высокой суммой осадков в период с июня по август (более 200 мм) вызвано недостатком тепла. Обычно дождливая погода в летний период сопровождается сравнительно низкой температурой воздуха. Кроме того, исследованиями S.-G. Jo с коллегами [24] установлено, что обильные дожди приводят к снижению урожайности сои вследствие усиления ростовых процессов и конкуренции растений, а также недостатка кислорода в почве.

На территории Республики Башкортостан в теплообеспеченные годы восполнить недостаток влаги для формирования урожая сои возможно поливом посевов. Орошение способствовало формированию урожайности сои в полевых опытах на 5–6,4 ц/га больше, чем на богаре.

#### Библиографический список

1. Елизаров Д. О. Перспективы возделывания сои в мире и России // Аграрная наука – 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. Москва, 2022. С. 973–976.
2. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство [Электронный ресурс]. URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (дата обращения: 01.11.2022).
3. Иванов А. А., Алексеева С. Н., Чуворкина Т. Н., Кадыкова О. Ф. Развитие производства зернобобовых культур и сои – фактор динамичного развития аграрного сектора региона на примере Пензенской области // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 3. С. 284–294. DOI: 10.30914/2411-9687-2021-7-3-284-294.
4. Karges K., Bellingrath-Kimura S. D., Halwani M. et al. Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe // European Journal of Agronomy. 2022. Vol. 133. Article number 126415. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126415.
5. Исмагилов К. Р. Основные направления эффективного использования природных ресурсов в растениеводстве // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы: сборник трудов VI Национальной научно-практической конференции. Кемерово, 2021. С. 214–218.
6. Письменная Е. В., Азарова М. Ю., Стукало В. А. [и др.] Оптимизация посевных площадей Ставропольского края на основе агроресурсного потенциала // Земледелие. 2019. № 7. С. 8–11. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10701.
7. Dozorov A. V., Naumov A. Yu., Rakhimova Yu. M. et al. Symbiotic and photosynthetic activity of soybean in case of application of different herbicides and soil tillage methods // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. 2017. Vol. 19. No. 2. Pp. 461–465.
8. Исмагилов Р. Р., Газизов Ф. А., Зарипова Г. К. Симбиотическая фиксация атмосферного азота соей в условиях степного Предуралья // Пути повышения эффективности АПК в условиях вступления России в ВТО: материалы международной научно-практической конференции (к XIII международной специализированной выставке «АГРО-2003»). Уфа, 2003. С. 212–215.
9. Ермолина О. В., Короткова О. В. Влияние гидротермических условий по фазам онтогенеза на урожайность семян сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3 (19). С. 70–76.
10. Агроклиматические ресурсы Башкирской АССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. 235 с.
11. Дорохов А. С., Бельшикина М. Е. Агроклиматическая характеристика регионов Нечерноземной зоны Российской Федерации и оценка пригодности для возделывания современных раннеспелых сортов сои // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (55). С. 34–39. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-3-34-39.
12. Сахаутдинов Б. М. Биохимические процессы в сое при послеуборочном дозревании в зависимости от срока уборки // Труды БСХИ. 1939. Т. 2. С. 138–159.
13. Газизов Ф. А., Зарипова Г. К., Исмагилов Р. Р. Фотосинтетическая деятельность посевов и продуктивность сои в условиях Предуральской степи Башкортостана // Интродукция нетрадиционных и

редких сельскохозяйственных растений: материалы IV Международной научно-практической конференции. Ульяновск, 2002. С. 324–328.

14. Давлетов Ф. А., Ахмадуллина И. И., Гайнуллина К. П. Результаты изучения сортов сои в условиях Республики Башкортостан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 49–55. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-49-55. 3.

15. Исмагилов К. Р. Агроклиматические ресурсы и размещение посевов сои на территории Республики Башкортостан // Фундаментальные основы и прикладные решения актуальных проблем возделывания зерновых бобовых культур: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ректора Ульяновского государственного аграрного университета имени П. А. Столыпина (2004–2019 гг.), Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Почетного работника агропромышленного комплекса России, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Дозорова Александра Владимировича. Ульяновск, 2020. С. 276–283.

16. Кашеваров Н. И., Солошенко В. А., Васякин Н. И. Соя в Западной Сибири. Новосибирск: Сибирское отделение РАСХН, 2004. 255 с.

17. Корсаков Н. И., Мякушко Ю. П. Соя: методические указания по селекции и семеноводству. Ленинград, 1975. 160 с.

18. Нурлыгаянов Р. Б., Комиссаров А. В., Исмагилов К. Р., Гиниятова Ф. Ф. Возделывание сои на семена в различных уровнях водного режима // Российский электронный научный журнал. 2019. № 4 (34). С. 207–219. DOI: 10.31563/2308-9644-2019-34-4-207-219.

19. Позднякова А. В., Зеленцов С. В. Видовая, генотипическая и модификационная изменчивость элементов цветка у сои // The Scientific Heritage. 2020. № 44-5 (44). С. 14–15.

20. Галиченко А. П., Фокина Е. М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25.

21. Novikova L. Y., Bulakh P. P., Nekrasov A. Y., Seferova I. V. Soybean response to weather and climate conditions in the Krasnodar and Primorye territories of Russia over the past decades // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 9. Article number 10091278. DOI: 10.3390/agronomy10091278. EDN URTKOC.

22. Sobko O., Gruber S., Claupein W. et al. Environmental effects on soybean (*Glycine max* (L.) merr) production in central and south Germany // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 12. DOI: 10.3390/agronomy10121847.

23. Головина Е. В., Леухина О. В., Леухина Т. В. Влияние погодных условий на формирование хозяйственно ценных признаков у сортов сои различной селекции // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 2 (42). С. 24–32. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-24-32.

24. Jo S.-G., Kang Y.-I., Om K.-S., Cha Y.-H., Ri S.-Y. Growth, photosynthesis and yield of soybean in ridge-furrow intercropping system of soybean and flax // Field Crops Research. 2022. Vol. 275. Article number 108329 DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108329.

#### Об авторе:

Камиль Рафаэлевич Исмагилов<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, ORCID 0000-0002-02120116x, AuthorID 689602; +7 903 310-31-86, [ismagilovk@mail.ru](mailto:ismagilovk@mail.ru)

<sup>1</sup> Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

## Features of the formation of soybean crops on the territory of the Republic of Bashkortostan

K. R. Ismagilov<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Bashkir Research Institute of Agriculture of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ E-mail: [ismagilovk@mail.ru](mailto:ismagilovk@mail.ru)

**Abstract.** The purpose of the study is to establish the features of the formation of soybean grain harvest in the territory of the Republic of Bashkortostan. **Methods.** Analysis of statistical information on soybean cultivation and agro-climatic resources in the territory of the Republic of Bashkortostan, field experience and field observations. The heat supply of soybeans was estimated by the sum of active temperatures, moisture availability – by the amount of precipitation, relative humidity and hydrothermal coefficient (GTK) during the soybean vegetation period (June – August). The sum of active temperatures, the amount of precipitation and the hydrothermal coef-

efficient in the years of the study were calculated using statistical data from the Federal State Statistics Service. The variability of the features was estimated by the coefficient of variation. The nature and degree of interconnection of the features was determined by correlation-regression analysis using the Excel computer program. **Results.** The features of the process of formation of soybean yield in the territory of the Republic of Bashkortostan have been established. Morphometric indicators of soybean plants Siberian Research Institute of Feed 315 on the territory of the Republic of Bashkortostan have a smaller value than the passport parameters of this variety. The main limiting growth and development of plants, soybean yield in the Republic of Bashkortostan are moisture (correlation coefficient 0.866) and heat (correlation coefficient 0.592). The fertility of the soil in most of the territory of the republic is high enough for the growth and development of plants and does not limit the formation of the soybean crop. It is established that the dependence of soybean yield on the amount of precipitation, the sum of active temperatures and SCC has the form of a single-vertex curve. On the territory of the Republic of Bashkortostan in heat-supplying years, it is possible to compensate for the lack of moisture for the formation of a soybean crop by watering crops. Irrigation allowed the formation of soybean yields in field experiments by 5–6.4 c/ha more than on bogar. **Scientific novelty.** The features of the formation of the soybean crop are revealed and the degree and nature of the dependence of the soybean grain yield on the amount of precipitation and the amount of active temperatures in the period “June – August” are established.

**Keywords:** soybeans, plant growth and development, yield, agroclimatic resources.

**For citation:** Ismagilov K. R. Osobennosti formirovaniya urozhasya soi na territorii Respubliki Bashkortostan [Features of the formation of soybean crops on the territory of the Republic of Bashkortostan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 02 (231). Pp. 2–13. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-231-02-2-13. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 20.12.2022, **date of review:** 16.01.2023, **date of acceptance:** 27.01.2023.

#### References

1. Elizarov D. O. Perspektivy vozdel'yvaniya soi v mire i Rossii // Agricultural science – 2022: materialy Vserossiyskoy konferentsii molodykh issledovateley Moscow, 2022. Pp. 973–976. (In Russian.)
2. Sel'skoe khozyaystvo, okhota i lesnoe khozyaystvo [Agriculture, hunting and forestry] [e-resource]. URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (date of reference: 01.11.2022). (In Russian.)
3. Ivanov A. A., Alekseeva S. N., Chuvorkina T. N., Kadykova O. F. Razvitiye proizvodstva zernobobovykh kul'tur i soi – faktor dinamichnogo razvitiya agrarnogo sektora regiona na primere Penzenskoy oblasti [The development of production of leguminous crops and soybeans is a factor in the dynamic development of the agricultural sector of the region on the example of the Penza region] // Vestnik of the Mari State University. Series “Agricultural sciences. Economic sciences”. 2021. Vol. 7. No. 3. Pp. 284–294. DOI: 10.30914/2411-9687-2021-7-3-284-294. (In Russian.)
4. Karges K., Bellingrath-Kimura S. D., Halwani M. et al. Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe // European Journal of Agronomy. 2022. Vol. 133. Article number 126415. DOI: 10.1016/j.eja.2021.126415.
5. Ismagilov K. R. Osnovnyye napravleniya effektivnogo ispol'zovaniya prirodnykh resursov v rasteniyevodstve [The main directions of effective use of natural resources in crop production] // Aktual'nye nauchno-tehnicheskie sredstva i sel'skohozyajstvennyye problemy: VI Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Kemerovo, 2021. Pp. 214–218. (In Russian.)
6. Pis'mennaya E. V., Azarova M. Yu., Stukalo V. A. et al. Optimizatsiya posevnykh ploshchadey Stavropol'skogo kraya na osnove agroresursnogo potentsiala [Optimization of sown areas of the Stavropol Territory on the basis of agricultural potential] // Zemledelie. 2019. No. 7. Pp. 8–11. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10701. (In Russian.)
7. Dozorov A. V., Naumov A. Yu., Rakhimova Yu. M. et al. Symbiotic and photosynthetic activity of soybean in case of application of different herbicides and soil tillage methods // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. 2017. Vol. 19. No. 2. Pp. 461–465.
8. Ismagilov R. R., Gazizov F. A., Zaripova G. K. Simbioticheskaya fiksatsiya atmosfernogo azota soyey v usloviyakh stepnogo Predural'ya [Symbiotic fixation of atmospheric nitrogen by soybeans in the conditions of the steppe Urals] // Puti povysheniya effektivnosti APK v usloviyakh vstupleniya Rossii v VTO: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (k XIII mezhdunarodnoy spetsializirovannoy vystavke “AGRO-2003”). Ufa, 2003. Pp. 212–215. (In Russian.)
9. Ermolina O. V., Korotkova O. V. Vliyaniye gidrotermicheskikh usloviy po fazam ontogeneza na urozhaynost' semyan soi [Influence of hydrothermal conditions by phases of ontogenesis on soybean seed yield] // Legumes and grain crops. 2016. No. 3 (19). Pp. 70–76. (In Russian.)
10. Agroklimaticheskie resursy Bashkirskoy ASSR [Agro-climatic resources of the Bashkir ASSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1976. 235 p. (In Russian.)

11. Dorokhov A. S., Belyshkina M. E. Agroklimaticheskaya kharakteristika regionov Nechernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii i otsenka prigodnosti dlya vozdeleyvaniya sovremennykh rannespelykh sortov soi [Agroclimatic characteristics of the regions of the non-chernozem zone of the Russian Federation and assessment of suitability for cultivation of modern early-ripe soybean varieties] // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. No. 3 (55). Pp. 34–39. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-3-34-39. (In Russian.)
12. Sakhautdinov B. M. Biokhimicheskiye protsessy v soye pri posleuborochnom dozrevanii v zavisimosti ot sroka uborki [Biochemical processes in soybeans during post-harvest ripening, depending on the period of harvesting] // Trudy BSKHI. 1939. Vol. 2. Pp.138–159. (In Russian.)
13. Gazizov F. A., Zaripova G. K., Ismagilov P. P. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' posevov i produktivnost' soi v usloviyakh Predural'skoy stepi Bashkortostana [Photosynthetic activity of crops and soybean productivity in the conditions of the Pre-Ural steppe of Bashkortostan] // Introduktsiya netraditsionnykh i redkikh sel'skokhozyaystvennykh rasteniy: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ul'yanovsk, 2002. Pp. 324–328. (In Russian.)
14. Davletov F. A., Akhmadullina I. I., Gaynullina K. P. Rezul'taty izucheniya sortov soi v usloviyakh Respubliki Bashkortostan [Results of the study of soybean varieties in the conditions of the Republic of Bashkortostan] // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 2 (88). Pp. 49–55. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-49-55.3. (In Russian.)
15. Ismagilov K. R. Agroklimaticheskiye resursy i razmeshcheniye posevov soi na territorii Respubliki Bashkortostan [Agroclimatic resources and placement of soybean crops in the Republic of Bashkortostan] // Fundamental'nye osnovy i prikladnye resheniya aktual'nykh problem vozdeleyvaniya zernovykh bobovykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati rektora Ul'yanovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni P. A. Stolypina (2004–2019 gg.), Pochetnogo rabotnika vysshego professional'nogo obrazovaniya RF, Pochetnogo rabotnika agropromyshlennogo kompleksa Rossii, doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk, professora Dozorova Aleksandra Vladimirovicha. Ul'yanovsk, 2020. Pp. 276–283. (In Russian.)
16. Kashevarov N. I. Soloshenko V. A., Vasyakin N. I. Soya v Zapadnoy Sibiri [Soybeans in Western Siberia]. Novosibirsk: Sibirskoe Otdelenie RASKHN, 2004. 255 p. (In Russian.)
17. Korsakov N. I., Myakushko Yu. P. Soya: metodicheskiye ukazaniya po selektsii i semenovodstvu [Soybeans: guidelines for breeding and seed production]. Leningrad, 1975. 160 p. (In Russian.)
18. Nurlygayanov R. B., Komissarov A. V., Ismagilov K. R., Giniyatova F. F. Vozdeleyvaniye soi na semena v razlichnykh urovnyakh vodnogo rezhima [Cultivation of soybeans for seeds in different levels of water regime] // Russian electronic scientific journal. 2019. No. 4 (34). Pp. 207–219. DOI: 10.31563/2308-9644-2019-34-4-207-219. (In Russian.)
19. Pozdnyakova A. V., Zelentsov S. V. Vidovaya, genotipicheskaya i modifikatsionnaya izmenchivost' elementov tsvetka u soi [Species, genotypic and modification variability of flower elements in soybeans] // The Scientific Heritage. 2020. No. 44-5 (44). Pp. 14–15. (In Russian.)
20. Galichenko A. P., Fokina E. M. Vliyaniye meteorologicheskikh usloviy na formirovaniye urozhaynosti sortov soi selektsii VNII soi [The influence of meteorological conditions on the formation of the yield of soybean varieties of selection of the All-Russian Research Institute of Soybeans] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25. (In Russian.)
21. Novikova L. Y., Bulakh P. P., Nekrasov A. Y., Seferova I. V. Soybean response to weather and climate conditions in the Krasnodar and Primorye territories of Russia over the past decades // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 9. Article number 10091278. DOI: 10.3390/agronomy10091278. EDN URTKOC.
22. Sobko O., Gruber S., Claupein W. et al. Environmental effects on soybean (*Glycine max* (L.) merr) production in central and south Germany // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 12. DOI: 10.3390/agronomy10121847.
23. Golovina E. V., Leuhina O. V., Leukhina T. V. Vliyaniye pogodnykh usloviy na formirovaniye khozyaystvenno tsennykh priznakov u sortov soi razlichnoy selektsii [The influence of weather conditions on the formation of economically valuable traits in soybean varieties of various selections] // Legumes and great crops. 2022. No. 2 (42). Pp. 24–32. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-24-32. (In Russian.)
24. Jo S.-G., Kang Y.-I., Om K.-S., Cha Y.-H., Ri S.-Y. Growth, photosynthesis and yield of soybean in ridge-furrow intercropping system of soybean and flax // Field Crops Research. 2022. Vol. 275. Article number 108329 DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108329.

#### Author's information:

Kamil R. Ismagilov<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, leading researcher of the laboratory of selection and seed production of spring wheat, ORCID 0000-0002-02120116x, AuthorID 689602; +7 903 310-31-86, [ismagilovk@mail.ru](mailto:ismagilovk@mail.ru)

<sup>1</sup> Bashkir Research Institute of Agriculture of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia