

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА СТРУКТУРУ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ УРОЖАЙНОСТЬ СОИ

А.В. ПАРАМОНОВ, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0001-6271-4453,

E-mail: alexandr191914@mail.ru

А.А. КОЗЛОВ, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0003-0290-0398,

E-mail: kozlov86@bk.ru

Б.В. РОМАНОВ, кандидат биол. наук, ORCID ID: 0000-0002-0701-1584,

E-mail: triticumrbw@mail.ru

Р.А. ГУЛЕНКО, ORCID ID: 0000-0002-8275-6738

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР, РАССВЕТ,
РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Исследования проведены в приазовской зоне Ростовской области. Объектами исследований были 18 сортов сои отечественной и зарубежной селекции. Исследовано влияние метеорологических условий приазовской зоны Ростовской области на биологическую урожайность различных сортов сои, формируемые ими число зёрен на растении, крупность семян, среднюю высоту растения. По результатам проведенной математической обработки полученных данных трехлетних исследований, выявлены сорта сои наиболее приспособленные к климатическим условиям в зоне проведения закладки опытов. Установлено, что наибольшую биологическую урожайность формировали сорта сои обладавшие одновременно средней по силе корреляцией данного показателя с ГТК и средней температурой воздуха вегетационного периода Селекта 201 и Свапа. Выделены сорта, обладающие низкой зависимостью величины сбора зерна с единицы площади от значений ГТК (Белгородская 7) и средней температуры воздуха вегетационного периода (Белгородская 8). Включение этих сортов в селекционный процесс будет способствовать получению нового исходного материала, имеющего широкие рамки пластичности к метеорологическим условиям юга России.

Ключевые слова: соя, урожайность, сумма осадков, гидротермический коэффициент, средняя температура воздуха.

Для цитирования: Парамонов А.В., Козлов А.А., Романов Б.В., Гуленок Р.А. Влияние метеорологических показателей на структуру и биологическую урожайность сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):42-49. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-42-49

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL INDICATORS ON THE STRUCTURE AND BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF SOYBEANS

A.V. Paramonov, A.A. Kozlov, B.V. Romanov, R.A. Gulenok

FSBSI FEDERAL ROSTOV AGRARIAN RESEARCH CENTER, Rassvet, Rostov region, Russia

Abstract: *Studies were carried out in the Azov zone of the Rostov region. The objects of research were 18 varieties of soybeans of domestic and foreign breeding. The influence of the climatic conditions of the region on biological yield, the number of grains on the plant, the mass of 1000 grains and the average height of the plant have been studied. As a result of correlation and regression analysis of statistical data for three years, soybean varieties most adapted to the weather conditions of the Azov zone of the Rostov region were identified. It was established that the highest*

biological yield was formed by soybean varieties that simultaneously had the average strength correlation of this indicator with GTC and the average air temperature of the growing season of Seleкта 201 and Swapa varieties. Varieties with low dependence of grain collection value per unit area on GTC values (Belgorod 7) and average air temperature of growing season (Belgorod 8) are identified. The involvement of these varieties in the selection process will make it possible to obtain a new source material adapted to the weather conditions of southern Russia.

Keywords: soybean, yield, sum of precipitation, hydrothermal coefficient, average air temperature.

Введение

Соя привлекает к себе внимание уникальным набором веществ, входящих в состав ее зёрен. На современном этапе развития технологий растениеводства данная культура становится в один ряд с такой масличной культурой как подсолнечник. Кроме того соя является ценным источником растительного белка. Данный род сформировался на территории современного Китая более 30 веков назад, после одомашнивания дикой сои (*Glycine soja*). На сегодняшний день соя распространилась далеко за границы КНР [1].

Содержание белка в семенах сои в среднем 38-42%. Таким составом заменимых и не заменимых аминокислот в употребляемых в пищу частях растения, не обладает ни какая другая сельскохозяйственная культура. Протеин сои представляет равноценную замену белка рыбы или сельскохозяйственных животных и птицы. Кроме того белок сои обладает низкой пищевой энергетической ценностью. Соя по содержанию жиров (18-22%) входит в пятерку наиболее богатых этой группой веществ культурных растений вместе с подсолнечником, льном и рапсом. Продукты, получаемые при переработке сои, причисляют к не опасным с точки зрения экологии и поддерживающим здоровье [2, 3].

На сегодняшний день сою выращивают в 94 странах мира, почти на всех континентах земного шара. Валовой сбор зерна данной культуры увеличивается как во всем мире так и в РФ [4-6].

Получение стабильных урожаев данной культуры в условиях изменяющихся климатических условий является актуальной задачей. Ее выполнение не возможно без изучения разнородного материала, отбора образцов наиболее приспособленных к условиям все усиливающейся аридности климата и вовлечения перспективных образцов сои в селекционный процесс.

Цель исследований – изучение влияния погодных условий на урожайность и некоторые другие количественные признаки сортов сои.

Объекты и методика исследований

Опыты проводились в приазовской зоне Ростовской области в 2019-2021 гг. на опытном поле Федерального Ростовского аграрного научного центра. Объектами исследований в опытах служили 20 сортов сои российской и иностранной селекции. В качестве стандартного сорта использовался сорт Арлета. Посев сортов сои, агротехнические мероприятия по уходу за посевами проводились в соответствии с общепринятыми для данной почвенно-климатической зоны рекомендациям [9]. Посев коллекционного материала производили в оптимальные сроки ручной порционной селекционной сеялкой «Клён-1» с междурядьем 30 см. Размещение делянок – системное; повторность – трёхкратная; учётная площадь делянки – 1 м². Наблюдения, учёт урожая и его структурных элементов проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания (1989). Учёт биологического урожая сои осуществляли методом отбора снопов с последующим их обмолотом. Математическую обработку данных проводили в соответствии с методикой полевого опыта по Б.А. Доспехову (1985) с применением ПК и программы Excel, определение величины гидротермического коэффициента – по методике Г.Т. Селянинова (1977).

Результаты и обсуждение

Погодные условия в годы проведения опытов отличались разнообразием. В период проведения опытов значения гидротермического коэффициента в зависимости от длительности вегетационного периода изучаемых сортов и погодных условий находилась в

пределах от 0,4 до 0,7 (табл. 1), что соответствовало очень засушливым и засушливым условиям. Наиболее жарким и сухим был 2020 год. Средняя температура за период вегетации растений сои составила 26°C. Повышенные значения показателей температуры усугублялись не большим количеством осадков, выпавшим за данный период (127 мм).

Таблица 1

Погодные условия и средняя урожайность по опыту в годы проведения исследований

Год	Сумма активных температур, °С	Сумма осадков, мм	Средняя температура, °С	ГТК	Урожайность, г/м ²
2019	2415,2	135,2	23,2	0,6	458,9
2020	2666,6	127,5	26,0	0,5	427,2
2021	2631,2	178,8	21,6	0,7	780

Их распределение носило неравномерный характер, а общее количество, выпавшее за июль, было в 4 раза меньше климатической нормы. На этом фоне ГТК вегетационного периода сои в 2020 году составил только 0,5. В сумме данные погодные условия не позволили растениям сои нормально расти и развиваться, в результате чего средняя урожайность по опыту составила только 427,2 г/м².

Наиболее благоприятным для сои был 2021 год. Количество осадков, выпавшее за период вегетации изучаемых растений было наибольшим за весь период проведения исследований и составило 178,8 мм. Характерной особенностью данного временного периода является повышенное выпадение осадков в каждом из весенних месяцев. В сумме с наиболее низкой за весь период проведения опытов средней температуре воздуха вегетационного периода (21,6°C) и ГТК равному 0,7 это позволило растениям сои сформировать наибольший урожай. В среднем по опыту данный показатель составил 780 г/м². 2019 год по основным климатическим показателям занимает промежуточное положение. Сумма активных температур вегетационного периода была наименьшей за все время проведения опытов и составила 2415,2°C. Характерной особенностью данного можно назвать избыточное увлажнение почвы в первоначальный период роста и развития растений. За май 2019 года выпало на 23,8 мм осадков больше многолетней нормы, при этом средняя температура воздуха в данном месяце была на 2,3°C больше многолетней нормы. Это позволило растениям сои быстро расти и развиваться. Однако последующая за этим засуха длившаяся два следующих месяца снизила среднюю урожайность по опыту до уровня 458,9 г/м².

Наиболее важными элементами структуры урожая, описывающими степень развития посевов зернобобовых культур, являются число растений на единицу площади посевов на момент наступления фазы уборочной зрелости, количество бобов на растении, число зерен в бобе и М₁₀₀₀. При этом количество семян в бобе и число бобов формируемом в среднем на одном растении имеют сильную положительную связь с урожаем формируемым одним растением [7].

В среднем за три года проведения исследований по биологической урожайности достоверно превысили стандартный сорт Арлета сорта Китросса, Свапа и Селекта 201. Прибавка к стандартному сорту составила 158,1-257,1г/м² (табл. 2).

Остальные сорта по данному показателю были на уровне стандарта или ниже его. При этом сорт Селекта 201 статистически не имела различий с стандартным сортом по М₁₀₀₀. Зернами наибольшей крупности обладали именно эти сорта. Сорта превысившие стандарт по биологической урожайности обладали достоверно большим числом зерен на растении, чем сорт Арлета. Так же следует обратить внимание на сорт Устя. Он не имел существенных различий по урожайности и крупности зерна с стандартным сортом, но при этом он был одним из сортов с наименьшей высотой растения (47,8 см), что делает его более устойчивым к полеганию по сравнению с другими сортами.

Таблица 2

Средние значения некоторых количественных признаков сои за период исследований

Сорт	Высота растения, см	Число зёрен на 1 растении, шт.	Биологическая урожайность, г/м ²	Масса 1000 зёрен, г
Арлета, st	73,2	67,7	554,1	178,5
Анастасія	55,9	79,4	443,1	120,7
Аннушка	56,8	77,7	451	121,4
Белгородская 7	51,1	86,7	545	131,8
Белгородская 8	51,2	94,9	545,8	123,7
Киевская 98	68,7	79,6	563,3	128,7
Китросса	55,8	83,2	712,2	170,8
Дельта	78,5	73,3	669,1	126,3
Мерлин	58	79,1	600,6	157,3
Нега 1	70,35	83,2	613,9	155,4
Припять	47,1	75,4	537,8	150,3
Самер 1	40,9	62,3	420,3	148,7
Свапа	80,4	102,6	807,8	156,2
Селекта 101	79	87,6	541,9	131,8
Селекта 201	79	94,3	811,2	179,2
Славяночка	58,2	82,7	505,3	134,2
Соер 7	47,3	70,6	434,2	130,5
Устя	47,8	82,6	634,6	162
НСР 05	15	10	157	21

Для установления факта наличия или отсутствия связи, а так же ее силы, между количеством продукции, получаемой с единицы площади посевов сои без применения механической уборки и другими исследуемыми в опытах признаками, мы рассчитали коэффициенты корреляции между ними. В таблице 3 отражены итоги расчета коэффициентов корреляции для наиболее интересных, с нашей точки зрения, сортообразцов сои.

Большая часть изучаемых нами сортов продемонстрировала наличие очень сильного влияния на биологическую урожайность таких признаков растения, как число зерен формируемых на одном растении, а так же высота растения. Коэффициент корреляции между биологической урожайностью и средней высотой растений колебался в гораздо больших пределах (от -0,43 до 0,99), нежели при вычислении данного коэффициента, между тем же показателем и крупностью зерен (от 0,15 до 0,99) или количеством семян на одном растении (от 0,8 до 0,99).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между биологической урожайностью сортов сои и некоторыми количественными признаками

Сорт	Коэффициент корреляции биологической урожайности		
	с высотой растения	с числом зёрен на растении	с массой 1000 зёрен
Китросса	0,98	0,99	0,95
Свапа	0,74	0,99	0,99
Селекта 201	-0,43	0,80	0,15
Устя	0,99	0,83	0,38
Арлета, st	0,99	0,99	0,99

Сорт лидер по урожайности Селекта 201 продемонстрировал низкую корреляцию между урожайностью и крупностью зерен – 0,15, при этом он имел сильную корреляцию между массой зерна, формируемом на 1 м² посевов и числом зерен, но более низкую чем у остальных изучаемых сортов.

С целью определения наличия или отсутствия влияния метеорологических условий на исследуемые количественные признаки принимавших участие в опытах сортов сои нами был произведен корреляционный анализ. Изменение урожайности сорта при меняющихся год от года метеорологических условиях во время вегетации растений наиболее полно характеризует пластичность сорта. Произведенный нами расчет коэффициентов корреляции между биологической урожайностью и некоторыми показателями характеризующими погодные условия вегетационного периода, позволил сделать вывод, что почти каждый изучаемый сорт имел свои особенности и нормы реакции на погодные условия в каждый год проведения исследований. У большинства сортов (табл. 4) гидротермический коэффициент (далее ГТК) оказывал сильное влияние на биологическую урожайность. Сорт Селекта 201, обладающий максимальными средними значениями данного показателя, отличался от остальных наличием средней отрицательной взаимосвязи между урожайностью и ГТК, а так же между урожайностью и суммой осадков, выпавших за вегетационный период. При этом данный сорт так же демонстрировал наличие среднее положительной взаимосвязи между биологической урожайностью и средней температурой воздуха. Сорт Свапа, не имевший статистически значимых различий от сорта Селекта 201 по формированию зерна с единицы площади, так же демонстрировал среднюю взаимосвязь по этому признаку с величиной ГТК и температурой воздуха. Он имел сильную положительную взаимосвязь данного показателя с суммой активных температур и средней температурой воздуха, среднюю с суммой осадков за вегетационный период и слабую отрицательную с величиной ГТК. Сорта Белгородская 7 и Белгородская 8 по величине биологической урожайности находились на уровне стандарта, однако каждый из них имел уникальную особенность.

Таблица 4

Влияние метеорологических условий на биологическую урожайность сортов сои, г

Сорт	Показатель вегетационного периода			
	ГТК	Сумма осадков	Средняя температура воздуха	Сумма активных температур
Дельта	0,95	0,99	-0,89	0,34
Китросса	0,96	0,95	-0,85	0,99
Нега 1	0,83	0,86	-0,71	0,98
Свапа	0,62	0,98	-0,43	0,84
Селекта 201	-0,53	-0,45	0,6	0,84
Устя	0,99	0,92	-0,99	-0,88
Арлета, st	0,99	0,99	-0,97	-0,95
Белгородская 7	-0,2	0,57	0,92	0,99
Белгородская 8	0,88	0,99	0,24	0,88

Так, величина продуктивности посевов сорта Белгородская 7 имела слабую отрицательную корреляцию с величиной ГТК (наиболее близкий к 0 показатель среди изучаемых сортов), а у сорта Белгородская 8 данный показатель имел наиболее слабую положительную корреляцию с средней температурой воздуха.

Таким образом, при селекции сои с повышенной урожайностью в условиях не устойчивого увлажнения необходимо стремиться к снижению влияния на данный показатель величины ГТК и средней температуры воздуха.

Для более точной оценки влияния погодных условий на исследуемые сорта сои нами был проведён регрессионный анализ. В зоне проведения исследований основным фактором, определяющим величину урожайности, является выпадение атмосферных осадков, в связи с

этим производился расчет зависимости биологической урожайности сортов от средней температуры воздуха вегетационного периода образцов, от значения гидротермического коэффициента, а так же от объема атмосферных осадков, выпавших за период вегетации каждого изучаемого сорта. Расчет коэффициента регрессии показал, что наибольшие величины сбора зерна с единицы площади демонстрировали сорта, на которые оказывают минимальное влияние не один, а сразу несколько метеорологических показателей. Например, величина сбора зерна с единицы площади посевов сорта Селекта 201 на 27,7% (рис. 1 а) зависела от значений гидротермического коэффициента (ГТК), на 20,4% (рис. 2а) от суммы осадков выпавших за вегетационный период сои и на 36,4% (рис. 3 а) от средней температуры воздуха.

Сорт сои Свапа, не имевший существенных различий по величине урожайности по сумме трех лет проведения исследований от сорта Селекта 201, имел иные значения данного коэффициента. Биологическая урожайность данного сорта зависела от величины ГТК на 37,9% (рис. 2 а), на 95,5% (рис. 2 б) от суммы осадков и на 18,7% (рис. 3 б) от средней температуры воздуха. Так же расчет коэффициента детерминации показал, что сбор зерна с единицы площади у сорта Белгородская 7 зависит на 0,4% от величины ГТК, а у сорта Белгородская 8 на 0,5% от средней температуры воздуха. При этом стандартный сорт Арлета имел высокие показатели коэффициента регрессии, близкие к 1, по всем изучаемым погодным показателям.

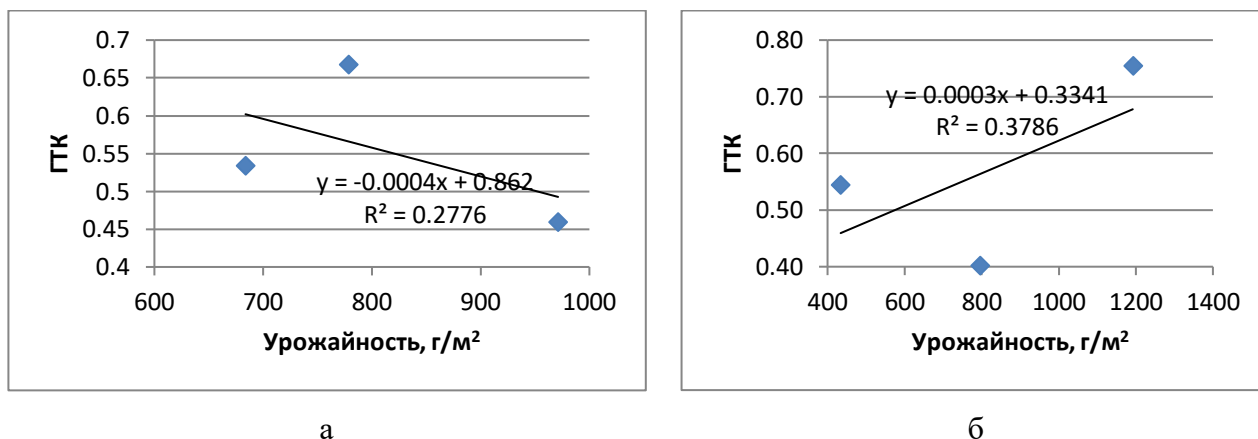


Рис. 1. Влияние ГТК на биологическую урожайность у сортов Селекта 201 (а) и Свапа (б)

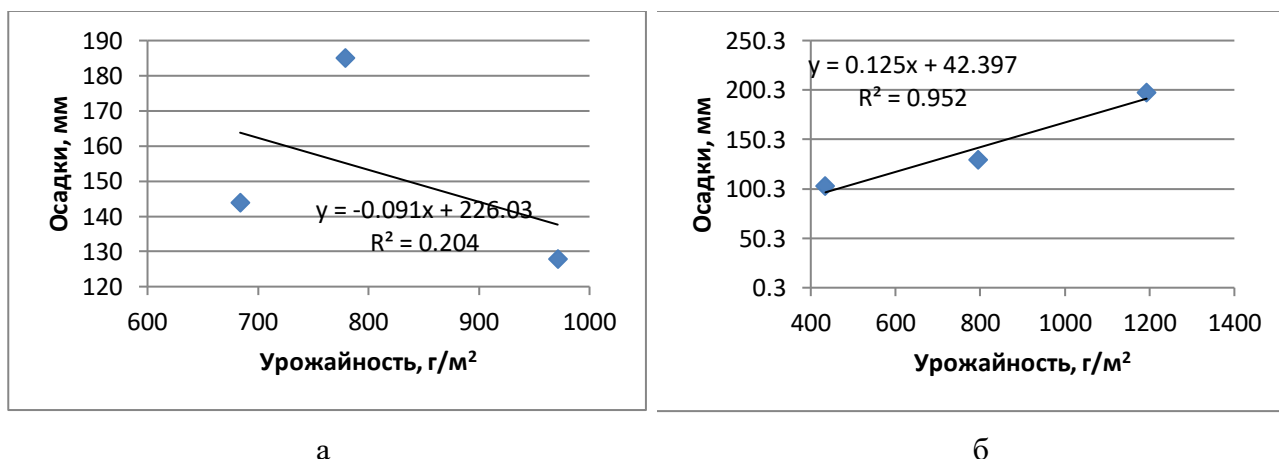


Рис. 2. Влияние суммы осадков вегетационного периода на биологическую урожайность сортов Селекта 201 (а) и Свапа (б)

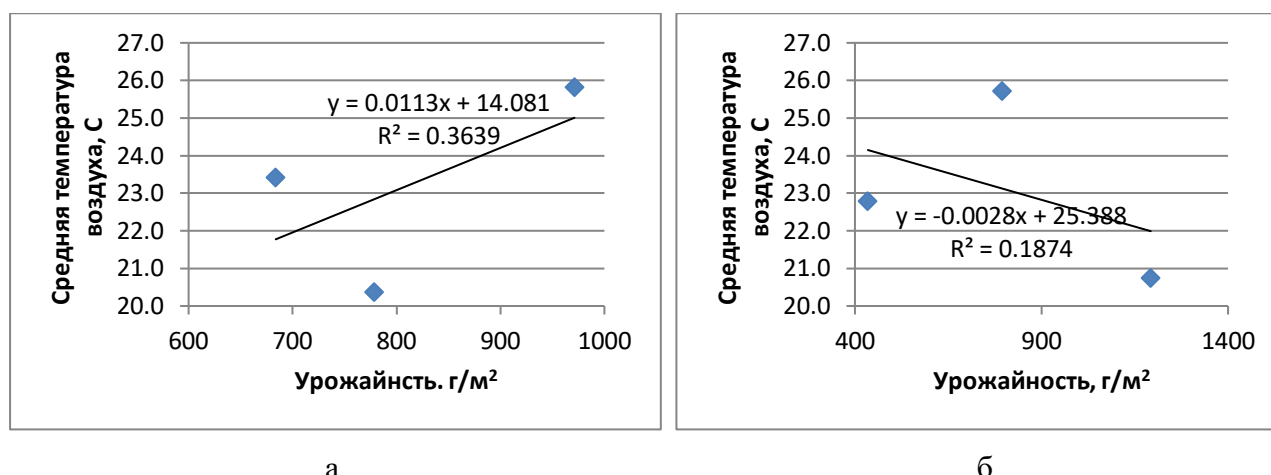


Рис. 3. Влияние средней температуры вегетационного периода на биологическую урожайность сортов Селекта 201 (а) и Свапа (б)

Другие сорта сои имевшие высокие значения зависимости урожайности от значений ГТК, количества выпавших осадков и средней температуры воздуха, так же продемонстрировали более высокие коэффициенты детерминации.

Заключение

Большинство принимавших в исследованиях сортов продемонстрировало сильную зависимость биологической урожайности от числа зерен, формируемых на одном растении и высоты растения. Наибольшую урожайность формировали сорта с максимальной высотой растения. Из изучаемых сортов сои, как наиболее приспособленные к условиям не достаточного увлажнения, по комплексу показателей выделены сорта Свапа и Селекта 201. Наиболее урожайными являются сорта имеющие среднюю по силе корреляцию не по одному, а по нескольким погодным показателям. Для снижения влияния на урожайность сои величины ГТК и средней температуры воздуха в селекционный процесс можно включать сорта Белгородская 7 и Белгородская 8. Полученные результаты могут быть использованы при подборе родительских пар для скрещиваний, при селекции новых высокопродуктивных сортов сои, предназначенных для регионов с засушливыми климатическими условиями. Для исследования реакции сортов сои на более обширный спектр климатических условий и получения уточненных данных корреляционного и регрессионного анализов необходимо продолжение данных исследований.

Литература

1. Балакай Г.Т., Селицкий С.А., Докучаева Л.М, Юркова Р.Е. Районирование территории Ростовской области по агроклиматическим подзонам для перспективных сортов сои различных групп спелости // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 3 (39). – С. 52-67. DOI 10.31774/2222-1816-2020-3-52-67.
2. Шабалдас О.Г., Пимонов К.И., Зайцев Н.И. [и др.] Реакция сортов сои различных групп спелости на абиотические факторы в условиях восточной зоны Краснодарского края // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 10. – С. 67-72. – DOI 10.28983/asj.y2021i10pp67-72.
3. Иванова И. Ю., Фадеев А. А. Влияние погодных условий на урожайность сои в условиях Волго-Вятского региона // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 93-98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11210.
4. Новикова Л.Ю. [и др.] Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, – № 6. – С.708-715.
5. Фадеева А.Н., Абросимова Т.Н. Урожайность и качество семян сортов сои различного эколого-географического происхождения // Земледелие. – 2019. – № 3. – С. 37-40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310.
6. Yuzbashkandi S.S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // Environmental Processes. – 2020. No. 7. – Pp. 73-87.
7. Шукис Е.Р., Мухин В.Н., Шукис С.К. Характеристика сортов сои различных групп спелости и их реакция на гидротермические условия среды // Вестник АГАУ. – 2018. – № 1 (159). – С. 23-29.
8. Dos Santos C.A.C., Neale C.M. U., Mekonnen M.M. et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // Theoretical and Applied Climatology. 2022. No. 147. Pp. 1379-1399.

9. Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013-2020 гг.). [Электронный ресурс]: в 3-х ч. Ч. 2 / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области. Ростов-на-Дону, – 2012: URL: http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSEM/Sistema_zemled_do_2020_2.docx

References

1. Balakay G. T., Selitsky S. A., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. Zoning the territory of the Rostov Region according to agroclimatic subzones for promising varieties of soybeans of various ripeness groups // *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Reclamation Problems*. - 2020. - № 3(39). - Pp. 52-67. DOI 10.31774/2222-1816-2020-3-52-67.
2. Shabaldas O. G., Pimonov K. I., Zaitsev N. I. et al. The reaction of soybean varieties of various ripeness groups to abiotic factors in the eastern zone of the Krasnodar Territory // *Agrarian Scientific Journal*. - 2021. - № 10. - Pp. 67-72. DOI: 10.28983/asj.y2021i10pp67-72.
3. Ivanova I. Yu., Fadeev A. A. Influence of weather conditions on soybean yield in the conditions of the Volga-Vyatka region // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. - 2020. - № 4(36). - Pp. 93-98. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11210.
4. L.Yu. Novikova [et al.] The influence of weather and climatic conditions on the content of protein and oil in soybean seeds in the North Caucasus // *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*. 2018. V. 22, №. 6. Pp.708-715.
5. Fadeeva A. N., Abrosimova T. N. Yield and quality of seeds of soybean varieties of various ecological and geographical origin // *Zemledelie*. 2019. № 3. Pp. 37-40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310.
6. Yuzbashkandi S. S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // *Environmental Processes*. 2020. No. 7. Pp. 73-87.
7. Shukis E.R., Mukhin V.N., Shukis S.K. Characteristics of soybean varieties of various ripeness groups and their reaction to hydrothermal environmental conditions // *Vestnik AGAU*. 2018. № 1 (159). S. 23-29.
8. Dos Santos C. A. C., Neale C. M. U., Mekonnen M. M. et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // *Theoretical and Applied Climatology*. 2022. No. 147. Pp. 1379.
9. Zonal farming systems of the Rostov region (for the period 2013-2020). [Electronic resource]: in 3 h. Part 2/Ministry of Agriculture and Food of the Rostov Region. Rostov-on-Don, 2012: URL: http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSEM/Sistema_zemled_do_2020_2.docx1399 <http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSEM/Sistema_zemled_do_2020_%202.docx1399>.