Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 4–9.
Agrarian Scientific Journal. 2022;(3):4–9.

АГРОНОМИЯ

Научная статья
УДК 633. 34:575.224(470.0)
doi: 10.28983/asj.y2022i3pp4-9

Особенности продукционного процесса сортов сои разных регионов районирования в агроклиматических условиях ЦРНЗ РФ

Марина Евгеньевна Белышкина, **Михаил Геннадьевич Загоруйко**
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия, vimsoya@yandex.ru

Аннотация. Проанализированы изменения динамических параметров развития посева раннеспелых сортов сои разных регионов происхождения – северного экотипа, южных и дальневосточных в условиях ЦРНЗ РФ при достаточной влагообеспеченности вегетационного периода и в засушливых условиях. Максимальных значений сухая биомасса у всех групп сортов достигала к концу периода роста бобов, который соответствует фазам R5–R6 (начало налива семян – полный налив семян), и составляла в среднем по сортам 3400–5700 кг/га. Эта величина варьировала от 3400 кг/га у сорта северного экотипа Касатка в засушливых условиях вегетационного периода до 5700 кг/га у южного сорта Аванта в условиях достаточного увлажнения. В экстремально засушливом 2010 г. максимальные значения сухой биомассы были достигнуты к фазе R4 – выполненные бобы, дальнейшего нарастания не произошло, максимальная сухая биомасса снизилась в 2 раза по сравнению с вегетационными периодами с достаточным увлажнением и составила от 3250 кг/га у сортов сои северного экотипа до 3400 кг/га у дальневосточных сортов. В результате анализа продукционного процесса сортов сои разных регионов происхождения в разных условиях температурно-влажностного режима вегетационного периода было установлено, что южные раннеспелые сорта по особенностям развития в большей степени соответствуют возможной вариабельности режима увлажнения вегетационного периода в ЦРНЗ РФ, чем дальневосточные и, наряду с сортами северного экотипа, могут быть рекомендованы для возделывания в условиях ЦРНЗ РФ. В острозасушливых условиях (ГТК<1) принципиальных различий между группами сортов по особенностям протекания продукционного процесса выявлено не было, все они формировали в 2 раза меньшую по сравнению с условиями достаточного увлажнения сухую биомассу.

Ключевые слова: *Glycine max* (L.) Merr.; сорта; продукционный процесс; Центральное Нечерноземье; агроклиматические условия.

Для цитирования: Белышкина М. Е., Загоруйко М. Г. Особенности продукционного процесса сортов сои разных регионов районирования в агроклиматических условиях ЦРНЗ РФ // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 4–9. http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp4-9.

AGRONOMY

Original article

Features of the production process of soybean varieties from different regions of zoning in the agro-climatic conditions of the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation

Marina E. Belyshkina, Mikhail G. Zagoruyko
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscov, Russia, vimsoya@yandex.ru

Abstract. The aim of the study was to analyze the changes in the dynamic parameters of the development of sowing of early-ripening soybean varieties from different regions of origin – the northern ecotype, southern and Far Eastern in the conditions of the CRNZ of the Russian Federation with sufficient moisture supply of the growing season and in arid conditions. The results of the study. The maximum values of dry biomass in all groups of varieties reached by the end of the bean growth period, which corresponds to phases R5–R6 (the beginning of seed filling – full filling of seeds) and averaged 3400–5700 kg/ha for varieties, this value varied from 3400 kg/ha for varieties of the northern Orca ecotype in arid conditions of the growing season to 5700 kg/ha for the southern Avanta variety in conditions of sufficient moisture. In the extremely dry 2010 the maximum values of dry biomass were reached by the R4 phase – made beans, there was no further increase, the maximum dry biomass decreased by 2 times compared to the growing seasons with sufficient moisture, and ranged from 3250 kg/ha for soybean varieties of the northern ecotype, to 3400 kg/ha for Far Eastern varieties. As a result of the analysis of the production process of soybean varieties of different regions of origin in different conditions of the temperature and humidity regime of the growing season, it was found that the southern early-ripening varieties correspond to the possible variability of the moisture regime of the growing season in the CRNZ of the Russian Federation to a greater extent than the Far Eastern varieties and, along with the varieties of the northern ecotype, can be recommended for cultivation in the conditions of the CRNZ of the Russian Federation. In acutely arid conditions (GTK < 1), there were no fundamental differences between the groups of varieties according to the peculiarities of the production process, all of them formed dry biomass 2 times smaller than the conditions of sufficient moisture.

Keywords: Glycine max (L.) Merr.; varieties; production process; Central Non-Chernozem region; agro-climatic conditions.

For citation: Belyshkina M. E., Zagoruyko M. G. Features of the production process of soybean varieties from different regions of zoning in the agro-climatic conditions of the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(3):4–9. In Russ.). http://dx.doi.org/ 10.28983/asj.y2022i3pp4-9.

Введение. В результате анализа изменений агроклиматических условий за период с 1981 по 2020 г. было установлено постепенно формирующееся локальное потепление климата на фоне его аридизации на всей территории Европейской России [1, 2, 4, 7]. В ЦРНЗ РФ значения сумм активных температур возросли. Если еще 10 лет назад нижняя граница в регионе была на уровне 1700 °С, а верхняя не превышала 2200 °С, то в настоящее время диапазон сумм активных температур выше 10 °С составляет 1950–2400 °С. Значение показателя гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК) снизилось за 40-летний период в среднем на 0,3–0,4 пункта и составляет в настоящее время 1,1–1,6 в зависимости от агроэкологического района [5, 12].

© Белышкина М. Е., Загоруйко М. Г., 2022

Изменение погодных условий позволяет расширять в регионе посевы теплолюбивых культур, в частности таких, как соя. Современные сорта сои, относящиеся к группе раннеспелых, но рекомендованные для других регионов возделывания, судя по описанию, способны формировать высокую потенциальную урожайность на уровне 1,8–2,5 т/га, обеспечивать сбор до 1200 кг/га белка и до 500 кг/га жира. Поэтому они могут быть внедрены с учетом изменения погодно-климатических условий в ЦРНЗ РФ наряду с традиционно возделываемыми здесь сортами северного экотипа [6, 10]. Однако прежде чем внедрять в сельскохозяйственное производство новые сорта необходимо исследовать особенности их продукционного процесса и формирования урожая с учетом новых для них агроклиматических условий.

Цель исследования – проанализировать изменение динамических параметров развития посева раннеспелых сортов сои разных регионов происхождения – северного экотипа, южных и дальневосточных в условиях ЦРНЗ РФ при достаточной влагообеспеченности вегетационного периода и в засушливых условиях.

Методика исследований. Агроэкологические испытания проводили в 2008–2020 гг. на опытной базе Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, расположенного в Рязанской области, с разнотипными сортами сои селекции ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (ООО Компания «Соевый комплекс» и ФГБНУ ФНЦ «ВНИИ сои»).

В зависимости от региона расположения научной организации, в которой был выведен сорт, и районирования сортов, они были условно разделены на 3 группы: северного экотипа, южные и дальневосточные. В качестве сортов сои северного экотипа изучали следующие: Магева, Окская, Светлая, Касатка и Георгия; южных – Аванта и Бара; дальневосточных – Персона, Умка, Лидия и Грация.

Все исследуемые сорта относятся к группе раннеспелых – от очень раннеспелых с периодом вегетации 76–95 суток до раннеспелых с варьированием интервала вегетационного периода в пределах 83–109 суток. По типу роста сорта северного экотипа являются детерминантными, у дальневосточных и южных сортов встречаются как детерминантные, так и полудетерминантные формы. Высота растений варьирует от 65 см у сортов северного экотипа до 115 см у южных сортов. В зависимости от высоты растений различной была высота прикрепления нижнего боба – от 8–12 см (северный экотип) до 13–15 см (южные и дальневосточные сорта).

По суммам накопленных активных температур изучаемые сорта, хотя и относятся к группе раннеспелых, имеют довольно значительные различия. Наименьшие значения накопленных сумм активных температур зафиксированы у сортов сои северного экотипа – от 1700 до 1900 °С за вегетацию, у южных – от 1900 до 2200 °С и у дальневосточных – от 2000 до 2300 °С.

Почва опытного участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая, $pH_{сол.}$ – 5,25 (ГОСТ 26483-85); содержание гумуса – 5,3 % (по Тюрину). Содержание подвижного фосфора – 34,0 мг, калия – 19,2 мг на 100 г почвы, азота нитратного – 8,4 мг/кг (ГОСТ 26951-86), азота аммонийного – 1,57 мг/кг (ГОСТ 26489-85).

Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см, повторность – четырехкратная, густота стояния растений – 600 тыс. растений на 1 га, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки – 18 м^2. Учет урожайности производили методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14%-й влажности и 100%-й чистоте. Опыты проводили в соответствии со стандартными методиками [9]. Агротехника – общепринятая для зоны выращивания [8].

Результаты исследований. Южный агроэкологический район ЦРНЗ РФ, в который входит Рязанская область, где проводились исследования, характеризуется повышенными температурами воздуха, которые в среднем за вегетацию составляют 17,0–18,0 °С. Суммы активных температур выше 10 °С находятся в среднем на уровне 2400–2600 °С. Следует отметить, что за последние десятилетия этот показатель в некоторые годы значительно превышал средние значения, в некоторых регионах достигал 2900 °С. Наряду с повышенными температурами в этом агроэкологическом районе достаточно часто наблюдаются годы с недостаточным количеством выпавших осадков, ГТК равняется 0,7–1,1 °С. За годы исследований в процентном отношении с оптимальным увлажнением были 33 % лет, с недостаточным увлажнением – 42 % и слабым – 25 % лет. Вегетационных периодов с условиями избыточного увлажнения в Рязанской области не наблюдалось.

В результате изучения массива данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ) [11] (среднемесячных температур и осадков, сумм активных температур и ГТК) с 1981 по 2020 г. были проанализированы агроклиматические условия в районах ЦРНЗ РФ с 1981 по 2010 г. и отдельно за последнее десятилетие. В результате был отмечен повсеместный рост сумм активных температур при снижении ГТК за вегетацию (табл. 1).

Наиболее значительный рост сумм активных температур за вегетацию был отмечен в южном агроэкологическом районе и составил в среднем по входящим в него регионам 250 °С, поднявшись с 2000 до 2250 °С. Рязанская область относится к лидирующим регионам в южном агроэкологическом районе по росту температур за вегетацию. Значения суммы активных температур возросли за 40-летний период на 495 °С и составляют в настоящее время 2475 °С, в засушливом 2010 г. значение суммы активных температур за вегетацию в регионе составило 2919 °С.

Значение ГТК за вегетацию практически повсеместно снизилось в среднем на 0,1–0,3 пункта. Наибольшее снижение было зафиксировано в южном агроэкологическом районе ЦРНЗ РФ – на 0,3 пункта на фоне постепенной аридизации климата и учащения вероятности возникновения засух.

Наряду с ростом сумм активных температур и снижением количества выпавших осадков было выявлено увеличение среднемесячных температур на 3–4 °С. Следует отметить, что наиболее значительно среднемесячные температуры во всех агроэкологических районах возросли в мае и августе: в южном агроэкологическом районе – на 2,0 и 2,3 °С соответственно [3, 13].

В исследованиях применяли системный подход в интерпретации полученных данных. Посев (агроценоз) сои рассматривали как фотосинтезирующую систему, а периоды роста и развития – как подсистемы, которые характеризуются одной или несколькими выходными величинами, важными с точки зрения формирования урожая (см. рисунок).

На входе воздействие на систему оказывают различные факторы, которые можно разделить на две группы: биогенные (фотосинтетически активная радиация, температура воздуха, количество выпавших за период осадков) и ан-

© Белышкина М. Е., Загоруйко М. Г., 2022

Таблица 1

Усредненные значения сумм температур и ГТК по агроэкологическим районам (1981–2010 и 2011–2020 гг.)

Агроэкологический район	∑T ≥ 10 °C		ГТК за вегетационный период	
	1981–2010 гг.	2011–2020 гг.	1981–2010 гг.	2011–2020 гг.
Северный	1850	1965	1,6	1,4
Центральный	1890	2020	1,5	1,4
Южный	2000	2250	1,3	1,0

тропогенные (применяемые элементы технологии, особенности минерального питания в почве и внесенные в виде подкормок и удобрений и т.д.) факторы [15, 16].

При достаточных параметрах влагообеспеченности, когда ГТК по Селянинову составляет 1–1,5, сухая биомасса, сформированная к моменту завершения формирования бобов, в интервале от 450 до 550 г/м^2 является критерием для прогноза потенциальной урожайности на уровне 2,0–2,2 т/га, в условиях водного стресса этот показатель снижается в 2–2,5 раза и соответственно – потенциальная урожайность семян.

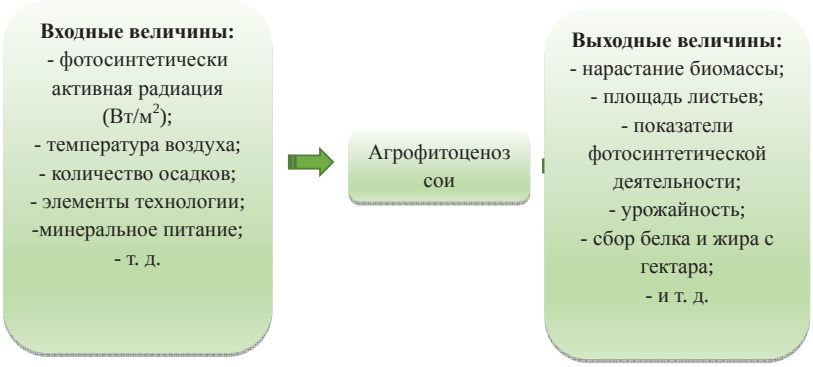
Изучением влияния лимитирующих погодных факторов на продукционный процесс сои занимаются и американские исследователи, ими достаточно хорошо изучены вопросы формирования урожая в зависимости от периода воздействия на растения того или иного фактора. Такой подход основывается на более глубокой оценке микрофенологии сои. Американскими исследователями [14] была разработана шкала микрофенологии, более детально учитывающая морфологические особенности сои, в которой этапы вегетативного роста обозначены как V (V1 – Vn), генеративного развития – как R (R1 – R8) (табл. 2).

В течение вегетации от всходов до начала созревания, когда посев функционирует как фотосинтезирующая система, выделяются четыре периода, общие для всех зернобобовых культур: I – от всходов до начала цветения (до раскрытия первого цветка на растении); II – цветение и образование плодов (от раскрытия первого цветка до полного окончания цветения); III – рост плодов (в конце периода плоды на боковых побегах или верхних ярусах растения достигают максимальных размеров, створки плодов максимальной массы, отмечается фаза выполненных бобов); IV – налив семян (ассимиляты и питательные вещества из створок плодов и других органов оттекают в семена; в конце периода сухая масса семян максимальная, влажность семян высокая). Созревание семян – завершающий период их развития.

Элементы структуры урожая формируются поэтапно и тесно связаны с фотосинтетическими характеристиками агроценоза: индексом листовой поверхности, эффективностью работы листьев (ЧПФ), скоростью нарастания сухой биомассы на определенном этапе. Урожайность семян прямо связана с первичными компонентами урожая – числом семян, сформировавшихся в расчете на 1 м^2, а также массой 1000 семян. Кроме того, на эти показатели продукционного процесса очень большое влияние оказывают стрессовые факторы среды, такие как температура, дефицит влаги.

Сорта сои разных регионов районирования имели значительные различия по нарастанию сухой биомассы между собой и в разные по степени обеспеченности влагой годы. Максимальная величина сырой и сухой биомассы у обоих сортов формировалась к концу периода роста бобов (фазы R5–R6). При достаточной влагообеспеченности вегетационного периода величина сухой биомассы у сортов сои северного экотипа составляла в среднем 525 г/м^2, у южных и дальневосточных – 540 г/м^2, индекс листовой поверхности достигал максимума – 5,3–5,5 в зависимости от группы сортов. Продолжительность вегетации и отдельных периодов была значительно больше у южных и дальневосточных сортов, эти группы сортов в среднем к фазе R5 формировали на 10–15 % больше сухой биомассы, однако скорость роста посева у них при этом была на 8–10 % ниже, чем у сортов сои северного экотипа.

Средние значения динамических характеристик изучаемых сортов по каждому периоду в условиях достаточной влагообеспеченности (ГТК 1–1,5) и в засушливых условиях 2010 г. (ГТК < 1) представлены в табл. 3. В условиях достаточного увлажнения (ГТК 1,0–1,5) максимальная величина сухой биомассы к фазе R5–R6 (начало налива семян – полный налив семян) составляла у сортов сои северного экотипа 5000 кг/га, у дальневосточных – 5500 кг/га и у южных – 5700 кг/га. В засушливых условиях вегетационного периода максимальная величина сухой биомассы сокращалась практически в 2 раза – у сортов сои северного экотипа 3400 кг/га, у дальневосточных – 3600 кг/га и у южных – 3700 кг/га. Затем стремительно снижалась, к фазе R6 (полный налив семян) она составляла 2500, 2700 и 2800 кг/га соответственно.



Взаимодействие системы и среды на примере агрофитоценоза сои

В экстремально засушливом 2010 г. максимальные значения сухой биомассы были достигнуты к фазе R4 – выполненные бобы, дальнейшего нарастания не произошло, так как наступили неблагоприятные погодные условия. Таким образом, максимальная сухая биомасса снизилась в 2 раза по сравнению с вегетационными периодами с достаточным увлажнением – от 3250 кг/га у сортов сои северного экотипа до 3400 кг/га у дальневосточных сортов. В период R5–R6, когда должен происходить рост плодов и налив семян, значения показателя сухой биомассы стали снижаться, приростов не наблюдалось.

© Белышкина М. Е., Загоруйко М. Г., 2022

Таблица 2

Микрофазы развития сои

Микрофаза	Название фазы	Описание
Вегетативные фазы		
VE	Всходы	Появление семядолей над поверхностью почвы
VC		Полностью развитые простые листья на узле
V1	Первый узел	Полностью развитые тройчатые листья на узле
V_n	n-узел	n узлов на главном стебле с полностью развитыми тройчатыми листьями
Генеративные фазы		
R1	Начало цветения	Один раскрытый цветок на любом узле главного стебля
R2	Полное цветение	Один цветок на одном из двух верхних узлов главного стебля с полностью развитым листом
R3	Образование бобов	Бобы длиной 5 мм на одном из четырех верхних узлов главного стебля с полностью развитым листом
R4	Выполненные бобы	Бобы длиной 20 мм на одном из четырех верхних узлов главного стебля с полностью развитым листом
R5	Начало налива семян	Семена длиной 3 мм в бобах на одном из четырех верхних узлов главного стебля с полностью развитым листом
R6	Полный налив семян	Бобы содержат зеленые семена, которые заполняют гнездо створки плода на одном из четырех верхних узлов главного стебля с полностью развитым листом
R7	Начало созревания	Один нормальный зрелый плод на главном стебле
R8	Полное созревание	95 % зрелых плодов на растении

Таблица 3

Динамические параметры продукционного процесса сортов сои разных регионов районирования по периодам развития в зависимости от условий влагообеспеченности (в среднем за 2008–2020 гг.)*

Показатель	Периоды, фазы			
	I всходы – цветение	II цветение и образование бобов	III рост бобов	IV налив семян
	$V_1 – R_1$	$R_1 – R_4$	$R_5 – R_6$	$R_6 – R_7$
Сорта северного экотипа				
Продолжительность периода, дни	45/42	30/19	9/8	11/8
Индекс листовой поверхности	1,2/3,0	5,3/3,2	3,0/1,5	1,0/0,2
Нарастание сухой биомассы, кг/га	1225/2450	5250/3250	5650/3000	5250/2300
Скорость роста посевов, кг $га^{-1}$ $сут.^{-1}$	27/58	134/42	44/–	–/–
Южные сорта				
Продолжительность периода, дни	54/48	32/19	13/9	16/10
Индекс листовой поверхности	1,6/2,3	5,5/3,2	5,2/1,5	1,1/0,3
Нарастание сухой биомассы, кг/га	1450/2500	5400/3300	5750/3100	5500/2400
Скорость роста посевов, кг $га^{-1}$ $сут.^{-1}$	27/52	123/42	48/–	–/–
Дальневосточные сорта				
Продолжительность периода, дни	58/46	35/18	15/9	17/9
Индекс листовой поверхности	1,7/2,2	5,4/3,2	5,3/1,4	1,1/0,4
Нарастание сухой биомассы, кг/га	1380/2400	5450/3400	5820/3200	5600/2400
Скорость роста посевов, кг $га^{-1}$ $сут.^{-1}$	26/48	126/40	46/–	–/–

* в числителе – при ГТК = 1–1,5, в знаменателе – при ГТК < 1.

Урожайность семян у раннеспелых сортов сои с ограниченным ветвлением обычно тесно коррелирует с урожайностью биомассы (табл. 4). Нарастание биомассы и СРП периода III контролируется числом плодов, сформировавшихся в период II.

Значение коэффициента вариации урожайности семян, сухой массы и числа семян на 1 $м^2$ у разнотипных сортов сои составило в среднем 29–40 %. Коэффициент вариации массы 1000 семян небольшой, что свидетельствует об относительной стабильности этого показателя.

© Белышкина М. Е., Загоруйко М. Г., 2022

Таблица 4

Урожайность семян, сбор протеина и компоненты урожая сортов сои разных регионов районирования (в среднем за 2008–2020 гг.)

Выходные данные	Ед. измерения	Сорт		
		северного экотипа	южные	дальневосточные
Урожайность семян	т/га	1,49	1,85	1,78
	V, %	37	42	39
Сухая масса на конец III периода	кг/га	4558	5220	5056
	V, %	47	56	52
Сбор протеина с урожаем семян	кг/га	624	685	676
	V, %	40	45	43
Число плодов	шт./м²	635	694	687
	V, %	35	38	37
Число семян	шт./м²	1338	1546	1496
	V, %	29	27	28
Масса 1000 семян	г	150	165	162
	V, %	20	18	21

Налив и созревание у южных сортов происходили примерно в одинаковый период времени с сортами северного экотипа, уступая только ультраскороспелому сорту Касатка. Созревание сортов дальневосточной группы в условиях южного агроэкологического района ЦРНЗ РФ приходилось на более поздний период, когда в отдельные годы среднесуточная температура была ниже биологического минимума. Таким образом, исследуемые южные раннеспелые сорта по особенностям развития более соответствуют возможной вариабельности тепловых ресурсов в ЦРНЗ РФ, чем дальневосточные.

Заключение. В результате анализа продукционного процесса сортов сои разных регионов происхождения в различных условиях температурно-влажностного режима вегетационного периода было установлено, что при достаточной влагообеспеченности (ГТК = 1–1,5) южные раннеспелые сорта по особенностям развития в большей степени соответствуют возможной вариабельности тепловых ресурсов в ЦРНЗ РФ, чем дальневосточные. Наряду с сортами северного экотипа могут быть рекомендованы для возделывания в условиях ЦРНЗ РФ. В острозасушливых условиях (ГТК < 1) принципиальных различий между группами сортов по особенностям протекания продукционного процесса выявлено не было, все они формировали в 2 раза меньшую по сравнению с условиями достаточного увлажнения сухую биомассу, нарастание ее прекращалось после завершения фазы R4 – выполненные бобы.

Исследуемые раннеспелые сорта сои имели различия по продолжительности вегетационного периода и сумме активных температур. Сорта северного экотипа характеризуются вегетационным периодом 85–100 суток и суммой активных температур 1700–1900 °С. Южные сорта имеют вегетационный период 90–105 суток и сумму активных температур 1900–2200 °С. Дальневосточные сорта характеризуются вегетационным периодом 95–105 суток при сумме накопленных активных температур 2000–2300 °С.

Продолжительность вегетационного периода коррелировала с температурно-влажностным режимом. В засушливые годы (ГТК< 1) вегетационный период сокращался в среднем по сортам на 5–8 суток, во влажные (ГТК>1,6) – увеличивался на 6–10 суток. Менее продолжительный вегетационный период в засушливые годы обеспечивался, прежде всего, сокращением генеративного периода R1–R8 (начало цветения – полное созревание) у всех исследуемых сортов сои.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акатов П. В. Глобальное потепление и его региональные последствия для Европейской части России // Живые и биокосные системы. 2016. № 15. С. 14–22.
2. Белышкина М. Е., Кобозева Т. П., Гуреева Е. В. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода // Аграрный научный журнал. 2020. № 9. С. 4–9.
3. Белышкина М. Е., Кобозева Т. П., Шевченко В. А., Делаев У. А. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 182–190.
4. Григорьева Е. А., Нотов А. А. Изменение климата и динамика биоразнообразия: прогнозы для территории Европейской и Дальневосточной России // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2018. № 3. С. 165–177.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. М.: Росгидромет, 2021. 104 с.
6. Зеленцов С. В., Мошненко Е. В. Пути адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата на примере экологической селекции сои // Научный диалог. Естествознание и экология. 2012. № 7. С. 40–59.
7. Иванов А. Л. Глобальное изменение климата и его влияние на сельское хозяйство России // Земледелие. 2009. № 1. С. 3–5.
8. Регистр ресурсов-энергосберегающих технологий производства продукции растениеводства для Рязанской области (Система технологий) / Под общ. ред. С. В. Сальникова. Рязань: Рязанский НИПТИ АПК Россельхозакадемии, 2007. С. 92–101.
9. Синеговская В. Т., Наумченко Е. Т., Кобозева Т. П. Методы исследований в полевых опытах с соей. Благовещенск: ФГБНУ «Всероссийский НИИ сои», 2016. 116 с.
10. Сихарулидзе Т. Д., Храмой В. К. Влияние температурного режима на продолжительность вегетационного периода и урожайность сои в условиях Центрального Нечерноземья // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 32–39.

© Белышкина М. Е., Загоруйко М. Г., 2022

11. Специализированные массивы для климатических исследований: Информация ВНИИГМИ-МЦД [Электронный ресурс]. Режим доступа: http:// aisori.meteo.ru/ClimateR.

12. Хайрулина Т. П., Тихончук П. В. Изменение продуктивности сои под действием температурного стрессора // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 2. С. 48–49.

13. Djanaguiraman M., Prasad P.V., Schapaugh W. T., Boyle D. L. High-temperature stress and soybean leaves: leaf anatomy and photosynthesis // Crop Science. 2011. Vol. 51. No. 5. P. 2125–2131.

14. Egli D. B. Soybean reproductive sink size and short-term reductions in photosynthesis during flowering and pod set // Crop Science. 2010. Vol. 50. P. 1971–1977.

15. Jumrani K., Bhatia V. S. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean // Physiology and Molecular Biology of Plants. 2019. Vol. 25. No. 3. P. 667–681.

16. Nguy-Robertson A., Suyker A., Xiao X. Modeling gross primary production of maize and soybean croplands using light quality, temperature, water stress, and phenology // Agricultural and Forest Meteorology. 2015. Vol. 213. P. 160–172.

REFERENCES

1. Akatov P. V. Global warming and its regional consequences for the European part of Russia. *Zhivye i biokosnye sistemy*. 2016;(15):14–22. (In Russ.).

2. Belyshkina M. E., Kobozeva T. P., Gureeva E.V. Growth and development of soybean varieties of the northern ecotype depending on the influence of limiting factors of the growing season. *Agrarian Scientific journal*. 2020;(9):4–9. (In Russ.).

3. Belyshkina M. E., Kobozeva T. P., Shevchenko V. A., Delaev U. A. The influence of seeding norms and sowing methods on the yield and quality of seeds of early-ripening varieties and forms of soybeans of the northern ecotype. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2018;(4):182–190. (In Russ.).

4. Grigorieva E. A., Notov A. A. Climate change and biodiversity dynamics: forecasts for the territory of European and Far Eastern Russia. *Bulletin of Tver State University.* Series: Biology and Ecology. 2018;(3):165–177. (In Russ.).

5. Report on climate features on the territory of the Russian Federation for 2020. Moscow: Roshydromet; 2021. 104 p. (In Russ.).

6. Zelentsov S. V., Moshnenko E. V. Ways of adaptation of agriculture of Russia to global climate changes on the example of ecological selection of soybeans. *Scientific dialogue. Natural science and ecology*. 2012;(7):40–59. (In Russ.).

7. Ivanov A. L. Global climate change and its impact on agriculture in Russia. *Agriculture*. 2009;(1):3–5. (In Russ.).

8. Register of resources-energy-saving technologies of crop production for the Ryazan region (System of technologies) / Under the general editorship of S. V. Salnikov. Ryazan: Ryazan Research Institute of Agriculture of the Russian Agricultural Academy; 2007. P. 92–101 (In Russ.).

9. Sinegovskaya V. T., Naumchenko E. T., Kobozeva T. P. Research methods in field experiments with soy. Blagoveshchensk: All-Russian Research Institute of Soy; 2016. 116 p. (In Russ.).

10. Sikharulidze T. D., Khramoi V. K. Influence of temperature regime on the duration of the growing season and soybean yield in the conditions of the Central Non-Chernozem region. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2017;(4):32–39. (In Russ.).

11. Specialized arrays for climate research: VNIIGMI-MCD information [Electronic resource]. Access mode: http:// aisori.meteo.ru/ClimateR. (In Russ.).

12. Khairulina T. P., Tikhonchuk P. V. Change in soybean productivity under the influence of a temperature stressor. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2012;(2):48–49. (In Russ.).

13. Djanaguiraman M., Prasad P.V., Schapaugh W. T., Boyle D. L. High-temperature stress and soybean leaves: leaf anatomy and photosynthesis. *Crop Science*. 2011;51(5):2125–2131.

14. Egli D. B. Soybean reproductive sink size and short-term reductions in photosynthesis during flowering and pod set. *Crop Science*. 2010;(50):1971–1977.

15. Jumrani K., Bhatia V. S. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019;25(3):667–681.

16. Nguy-Robertson A., Suyker A., Xiao X. Modeling gross primary production of maize and soybean croplands using light quality, temperature, water stress, and phenology. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2015;(213):160–172.

Статья поступила в редакцию 17.10.2021; одобрена после рецензирования 25.11.2021; принята к публикации 28.01.2022.

The article was submitted 17.10.2021; approved after reviewing 25.11.2021; accepted for publication 28.01.2021.

© Белышкина М. Е., Загоруйко М. Г., 2022