

УДК 633. 34:575.224(470.0)

DOI 10.18286/1816-4501-2022-1-33-39

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА
РАННЕСПЕЛЫХ СОРТОВ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ
ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА**

Белышкина Марина Евгеньевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5; тел.: (903) 271-31-05, e-mail: bely-mari@yandex.ru

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

В связи с изменением температурно-влажностного режима и смещением изотермы суммы активных температур с севера на юг, в Центральном районе Нечерноземной зоны стало возможным расширение площадей, занятых посевами сои, и интродукция новых сортов в более северные регионы. явился анализ изменения динамических параметров развития посева раннеспелых сортов сои разных регионов происхождения – северного экотипа, южных и дальневосточных в условиях Центрального района Нечерноземной зоны при достаточной влагообеспеченности вегетационного периода и в засушливых условиях. Исследуемые сорта сои имели различия по продолжительности вегетационного периода и сумме активных температур. У сортов северного экотипа вегетационный период составил 85–100 суток, сумма активных температур – 1700–1900°C, у южных – 90–105 суток и 1900–2200°C, у дальневосточных – 95–105 суток и 2000–2300°C. В условиях благоприятного гидротермического режима вегетационного периода максимальная сухая биомасса составляла в среднем по сортам 5400–5700 кг/га, в засушливых условиях не превышала 3400 кг/га. Было установлено, что при достаточной влагообеспеченности (ГТК= 1–1,5) южные сорта по особенностям развития в большей степени соответствуют возможной вариабельности тепловых ресурсов в Центральном районе Нечерноземной зоны, чем дальневосточные и, наряду с сортами северного экотипа, могут быть рекомендованы для возделывания в регионе. В засушливых условиях (ГТК < 1) принципиальных различий между группами сортов по особенностям протекания продукционного процесса выявлено не было. Продолжительность вегетационного периода коррелировала с температурно-влажностным режимом вегетационного периода. 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.

Введение

В результате анализа изменения агроклиматических условий за период с 1981 по 2020 гг. было установлено постепенно формирующееся локальное потепление климата на фоне его аридизации на всей территории Европейской России [1, 2, 3, 4, 5, 6]. В Центральном районе Нечерноземной зоны Российской Федерации значения сумм активных температур возросли. Если еще 10 лет назад нижняя граница в регионе была на уровне 1700°C, а верхняя не превышала

2200°C, то в настоящее время диапазон сумм активных температур выше 10°C составляет 1950–2400°C. 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 [7, 8].

Изменение погодных условий позволяет расширять в регионе посевы теплолюбивых культур, в частности, таких, как соя. Современ-

ные 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 и могут быть внедрены с учетом изменения погодноклиматических условий в ЦРНЗ РФ наряду с традиционно возделываемыми здесь сортами северного экотипа [9, 10, 11, 12]. 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.

Материалы и методы 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 изучались 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.

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 и составили от 1700

до 1900°C за вегетацию, у южных – от 1900 до 2200°C и у дальневосточных – от 2000 до 2300°C.

Почва опытного участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистая, $pH_{\text{сол.}}$ – 5,25 (ГОСТ 26483-85); содержание гумуса – 5,3 % (по Тюрину). Содержание 34,0 мг подвижного фосфора и 19,2 мг калия 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. шт. растений на 1 га, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки – 18 м². Учет урожайности производился методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14 % влажности и 100 % чистоте. Опыты проводили в соответствии со стандартными методиками [13]. Агротехника – общепринятая для зоны выращивания [14].

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°C. Суммы активных температур выше 10°C находятся в среднем на уровне 2400–2600°C. Следует отметить, что за последние десятилетия этот показатель в некоторые годы значительно превышал средние значения и достигал в некоторых регионах 2900°C. Наряду с повышенными температурами, в этом агроэкологическом районе достаточно часто наблюдаются годы с недостаточным количеством выпавших осадков, ГТК находится в пределах 0,7–1,1°C. 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.

Известно, что температурно-влажностный режим в начале и в завершении вегетационного периода является важным прогностическим фактором для установления возможности возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры в конкретном регионе [15]. В результате изучения массивов данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ) [16] в динамике за 40-летний период были проанализированы значения среднемесячных температур и сумм осадков в мае и августе (рис.).

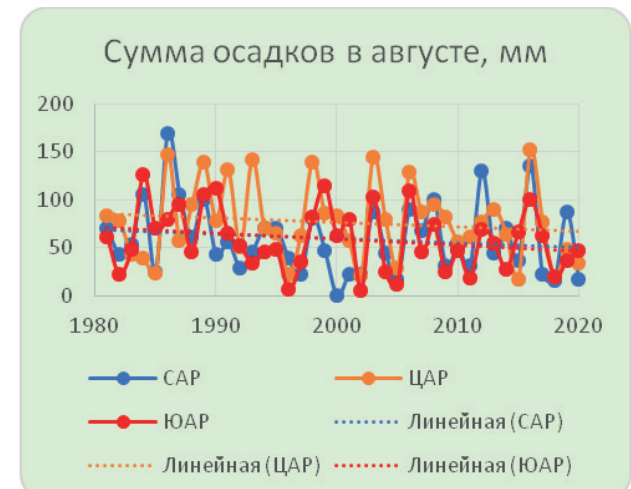
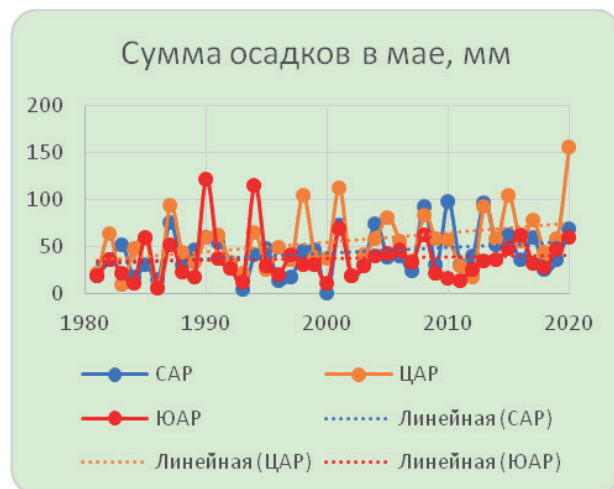
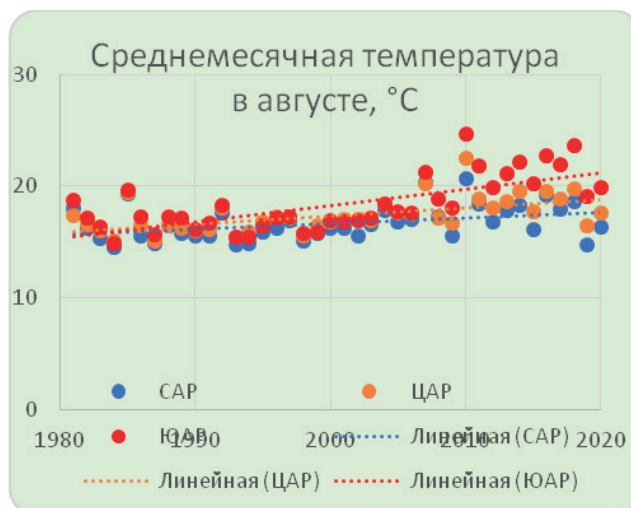
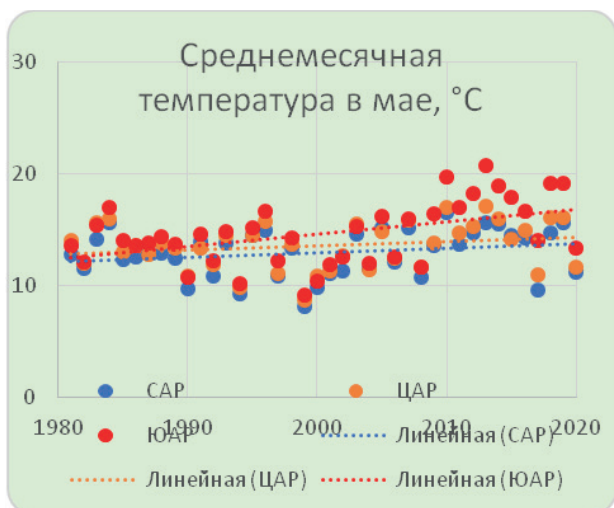


Рис. – Динамика среднемесячных температуры воздуха и количества осадков в мае и августе за период с 1981 по 2020 гг. по агроэкологическим районам ЦРНЗ РФ

В результате мониторинга среднемесячного количества осадков было установлено, что наибольшее их количество приходится на июль и август и составляет в сумме 170–190 мм, при этом в августе отмечена тенденция к сокращению количества осадков, а в мае – небольшой прирост, что является положительным фактором для расширения посевных площадей возделывания сои в ЦРНЗ РФ. При этом по годам отмечена значительная вариабельность количества выпавших осадков относительно линейной средней, особенно в центральном и южном агроэкологических районах.

В Рязанской области, входящей в южный агроэкологический район, за период с 1981 по 2020 гг. был выявлен рост средних температур начала и конца вегетационного периода. При этом изменения влажностного режима носили разнонаправленный характер – в мае возросло количество выпадающих осадков в среднем на 15–17 мм, а в августе их сокращение на 19–21

мм. В целом агроклиматические условия в регионе стали еще более пригодными для возделывания сои. В начале вегетации тепло и влага способствуют появлению дружных всходов, в августе отсутствие большого количества осадков обеспечивает своевременное равномерное созревание.

Наряду с ростом сумм активных температур и снижением количества выпавших осадков, было выявлено увеличение на 3–4°C значений среднемесячных температур. Особо следует отметить, что наиболее значительно среднемесячные температуры во всех агроэкологических районах возросли в мае и августе: в южном агроэкологическом районе – на 2,0°C и 2,3°C соответственно [17, 18].

При достаточных параметрах влагообеспеченности, когда ГТК по Селянину составляет 1–1,5, сухая биомасса, сформированная к моменту завершения формирования бобов в интервале от 450 до 550 г/м², является критери-

Таблица

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

Показатель	Период, фаза			
	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	<u>45</u>	<u>30</u>	<u>9</u>	<u>11</u>
	42	19	8	8
Индекс листовой поверхности	<u>1,2</u>	<u>5,3</u>	<u>3,0</u>	<u>1,0</u>
	3,0	3,2	1,5	0,2
Наращение сухой биомассы, кг/га	<u>1225</u>	<u>5250</u>	<u>5650</u>	<u>5250</u>
	2450	3250	3000	2300
Скорость роста посевов, кг га ⁻¹ сут. ⁻¹	<u>27</u>	<u>134</u>	<u>44</u>	–
	58	42	–	–
Южные сорта				
Продолжительность периода, дни	<u>54</u>	<u>32</u>	<u>13</u>	<u>16</u>
	48	19	9	10
Индекс листовой поверхности	<u>1,6</u>	<u>5,5</u>	<u>5,2</u>	<u>1,1</u>
	2,3	3,2	1,5	0,3
Наращение сухой биомассы, кг/га	<u>1450</u>	<u>5400</u>	<u>5750</u>	<u>5500</u>
	2500	3300	3100	2400
Скорость роста посевов, кг га ⁻¹ сут. ⁻¹	<u>27</u>	<u>123</u>	<u>48</u>	–
	52	42	–	–
Дальневосточные сорта				
Продолжительность периода, дни	<u>58</u>	<u>35</u>	<u>15</u>	<u>17</u>
	46	18	9	9
Индекс листовой поверхности	<u>1,7</u>	<u>5,4</u>	<u>5,3</u>	<u>1,1</u>
	2,2	3,2	1,4	0,4
Наращение сухой биомассы, кг/га	<u>1380</u>	<u>5450</u>	<u>5820</u>	<u>5600</u>
	2400	3400	3200	2400
Скорость роста посевов, кг га ⁻¹ сут. ⁻¹	<u>26</u>	<u>126</u>	<u>46</u>	–
	48	40	–	–

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

ем 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. В частности, была разработана шкала микрофенологии, более детально учитывающая морфологические особенности сои, в которой этапы вегетативного роста обозначены как V (VE – всходы, V1 – первый узел, V_n – n-ый узел на растении), а генера-

тивного развития – как R (R1 – начало цветения, R2 – полное цветение, R3 – образование бобов, R4 – выполненные бобы, R5 – начало налива семян, R6 – полный налив семян, R7 – начало созревания, R8 – полное созревание), каждая фаза имеет детальное описание [19, 20].

Сорта сои разных регионов районирования имели значительные различия по нарастанию сухой биомассы между собой и в разные по степени обеспеченности влагой годы. Вегетационный период был более длительным у южных и дальневосточных сортов, эти сорта к наступлению фазы 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.

В условиях достаточного увлажнения (ГТК 1,0–1,5) максимальная величина сухой биомассы к фазе R5–R6 (начало налива семян – полный

налив семян) составила у сортов сои северного экотипа 5000 кг/га, у дальневосточных – 5500 кг/га и у южных – 5700 кг/га (табл.). 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, и к фазе R6 – полный налив семян – составляла 2500 кг/га, 2700 кг/га и 2800 кг/га соответственно.

В засушливых условиях 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, и составила 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.

Обсуждение

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, 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, нарастание сухой биомассы прекращалось после завершения фазы R4 – выполненные бобы. 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, было установлено, что исследуемые южные раннеспелые сорта по особенностям развития более соответствуют возможной вариабельно-

сти тепловых ресурсов в ЦРНЗ РФ, чем дальневосточные.

Заключение

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°C, южные сорта имеют вегетационный период 90–105 суток и сумму активных температур в интервале 1900–2200°C, дальневосточные сорта характеризуются вегетационным периодом 95–105 суток при сумме накопленных активных температур 2000–2300°C. Продолжительность вегетационного периода коррелировала с температурно-влажностным режимом вегетационного периода. 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.

Библиографический список

1. Акатов, П. В. Глобальное потепление и его региональные последствия для Европейской части России / П. В. Акатов // Живые и биокосные системы. - 2016. - № 15. - С. 14–22.
2. Бельшкіна, М. Е. Современное состояние и перспективы мирового и российского рынков сои / М. Е. Бельшкіна // Аграрная Россия. - 2013. - № 6. - С. 7–11.
3. Бельшкіна, М. Е. Рост и развитие сортов сои северного экотипа в зависимости от влияния лимитирующих факторов вегетационного периода / М. Е. Бельшкіна, Т. П. Кобозева, Е. В. Гуреева // Аграрный научный журнал. - 2020. - № 9. - С. 4–9.
4. Гончарова, Э. А. Стратегия диагностики и прогноза устойчивости сельскохозяйственных растений к погоднo-климатическим аномалиям / Э. А. Гончарова // Сельскохозяйственная биология. - 2011. - Т. 46, № 1. - С. 24–31.
5. Григорьева, Е. А. Изменение климата и динамика биоразнообразия: прогнозы для территории Европейской и Дальневосточной России / Е. А. Григорьева, А. А. Нотов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. - 2018. - № 3. - С. 165–177.

6. Иванов, А. Л. Глобальное изменение климата и его влияние на сельское хозяйство России / А. Л. Иванов // Земледелие. - 2009. - № 1. - С. 3–5.
7. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – Москва : Росгидромет, 2021. - 104 с.
8. Хайрулина, Т. П. Изменение продуктивности сои под действием температурного стрессора / Т. П. Хайрулина, П. В. Тихончук // Достижения науки и техники АПК. - 2012. - № 2. - С. 48–49.
9. Зеленцов, С. В. Пути адаптации сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата на примере экологической селекции сои / С. В. Зеленцов, Е. В. Мошненко // Научный диалог. Естествознание и экология. - 2012. - № 7. - С. 40–59.
10. Краснощеков, В. Н. Изменение климата и сельское хозяйство России: проблемы и решения / В. Н. Краснощеков, Д. Г. Ольгаренко, О. Н. Рожкова // Природообустройство. - 2017. - № 2. - С. 80–88.
11. Михилев, А. В. Потепление климата – конкурентное преимущество сельского хозяйства Российской Федерации / А. В. Михилев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2018. - № 7. - С. 70–73.
12. Сихарулидзе, Т. Д. Влияние температурного режима на продолжительность вегетационного периода и урожайность сои в условиях Центрального Нечерноземья / Т. Д. Сихарулидзе, В. К. Храмой // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 4. - С. 32–39.
13. Синеговская, В. Т. Методы исследований в полевых опытах с соей / В. Т. Синеговская, Е. Т. Наумченко, Т. П. Кобозева. – Благовещенск : ФГБНУ Всероссийский НИИ сои, 2016. - 116 с.
14. Регистр ресурсов-энергосберегающих технологий производства продукции растениеводства для Рязанской области (Система технологий) / под общей редакцией С. В. Сальникова. – Рязань : Рязанский НИПТИ АПК Россельхозакадемии, 2007. - С. 92–101.
15. Trends of soybean yields under climate change scenarios / F. Eulenstein, M. Lana, M. Tauschke, A. Behrend, A. Sheudzhen, S. Schlindwein, E. Guevara, S. Meira // Horticulturae. - 2017. - Vol. 3, № 1. - P. 10.
16. Специализированные массивы для климатических исследований: Информация ВНИИГМИ-МЦД. – URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>.
17. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа / М. Е. Бельшкіна, Т. П. Кобозева, В. А. Шевченко, У. А. Делаев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2018. - № 4. - С. 182–190.
18. High-temperature stress and soybean leaves: leaf anatomy and photosynthesis / M. Djanaguiraman, P. V. V. Prasad, W. T. Schapaugh, D. L. Boyle // Crop Science. - 2011. - Vol. 51, № 5. - P. 2125–2131.
19. Egli, D. B. Soybean reproductive sink size and short-term reductions in photosynthesis during flowering and pod set / D. B. Egli // Crop Science. - 2010. - Vol. 50. - P. 1971–1977.
20. Modelling cropping periods of grain crops at the global scale / S. Minoli, S. Rolinski, C. Müller, D. B. Egli // Global and Planetary Change. - 2019. - Vol. 174. - P. 35–46.

DYNAMIC PARAMETERS OF PRODUCTIONAL PROCESS OF EARLY RIPENING SOYBEAN VARIETIES DEPENDING ON MOISTURE CONDITIONS OF THE VEGETATION PERIOD

Belyshkina M.E.

**Federal Scientific Agroengineering Center VIM. Russia.
109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutskiy dr., 5;
tel.: (903) 271-31-05, e-mail: bely-mari@yandex.ru**

Key words: *Glycine max (L.) Merr., varieties, production process, Central Non-Black Soil Region, agro-climatic conditions.*

Due to change of temperature and moisture regime and the shift of the isotherm of the sum of active temperatures from north to south in the Central region of Non-Black Soil zone, it became possible to expand the areas occupied by soybean crops and introduce new crops to more northern regions. In this regard, it became necessary to analyze the change of dynamic parameters of development of early-ripening soybean varieties of different origin - the northern ecotype, southern and Far Eastern ones in the conditions of the Central region of the Non-lack Soil zone with sufficient moisture supply as well as arid conditions during the growing season. The studied soybean varieties had differences in the growing season duration and the sum of active temperatures. The growing season of varieties of the northern ecotype was 85–100 days, the sum of active temperatures was 1700–1900°C; as for the southern ones: 90–105 days and 1900–2200°C; and the Far Eastern varieties: 95–105 days and 2000–2300°C. The maximum dry biomass averaged 5400–5700 kg/ha under conditions of favorable hydrothermal regime of the growing season, and did not exceed 3400 kg/ha under dry conditions. It was found that in case of sufficient moisture supply (HTC = 1–1.5), the southern varieties are more consistent with the possible variability of thermal resources in the Central region of the Non-Black Soil zone in terms of development than the Far Eastern ones and, along with the varieties of the northern ecotype, can be recommended for cultivation in the region. As far as arid conditions (HTC < 1) is concerned, no fundamental differences between the groups of varieties in terms of production process characteristics were revealed. The duration of the growing season correlated with the temperature and moisture regime of the growing season. The growing

season was reduced by 5–8 days on average for varieties in dry years ($HTC < 1$), in wet years ($HTC > 1.6$) it increased by 6–10 days.

Bibliography:

1. Akatov, P. V. Global warming and its regional consequences for the European part of Russia / P. V. Akatov // *Living and bioinert sistens.* - 2016. - № 15. - P. 14–22.
2. Belyshkina, M. E. Current state and prospects of the world and Russian soybean markets / M. E. Belyshkina // *Agrarian Russia.* - 2013. - № 6. - P. 7–11.
3. Belyshkina, M. E. Growth and development of soybean varieties of the northern ecotype depending on the influence of limiting factors of the growing season / M. E. Belyshkina, T. P. Kobozeva, E. V. Gureeva // *Agrarian scientific journal.* - 2020. - № 9. - P. 4–9.
4. Goncharova, E. A. A strategy for diagnosing and predicting the resistance of agricultural plants to weather and climate anomalies / E. A. Goncharova // *Agricultural biology.* - 2011. - V. 46, № 1. - P. 24–31.
5. Grigorieva, E. A. Climate change and biodiversity dynamics: forecasts for the territory of European and Far Eastern Russia / E. A. Grigorieva, A. A. Notov // *Vestnik of Tver State University. Series: Biology and ecology.* - 2018. - № 3. - P. 165–177.
6. Ivanov, A. L. Global climate change and its impact on Russian agriculture / A. L. Ivanov // *Agriculture.* - 2009. - № 1. - P. 3–5.
7. Report on climate patterns on the territory of the Russian Federation for 2020. - Moscow: Rosgidromet, 2021. - 104 p.
8. Khairulina, T. P. Change of soybean productivity under the influence of a temperature stressor / T. P. Khairulina, P. V. Tikhonchuk // *Achievements of science and technology of the AIC.* - 2012. - № 2. - P. 48–49.
9. Zelenetsov, S. V. Ways of adaptation of Russian agriculture to global climate change on the example of ecological soybean selection / S. V. Zelenetsov, E. V. Moshnenko // *Scientific dialogue. Natural science and ecology.* - 2012. - № 7. - P. 40–59.
10. Krasnoshchekov, V. N. Climate change and agriculture in Russia: problems and solutions / V. N. Krasnoshchekov, D. G. Olgarenko, O. N. Rozhkova // *Nature Arrangement.* - 2017. - № 2. - P. 80–88.
11. Mikhilev, A. V. Climate warming is a competitive advantage of agriculture in the Russian Federation / A. V. Mikhilev // *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy.* - 2018. - № 7. - P. 70–73.
12. Sikharulidze, T. D. Effect of temperature regime on growing season duration and soybean yield in the conditions of the Central Non-Black Soil zone / T. D. Sikharulidze, V. K. Khramov // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* - 2017. - № 4. - P. 32–39.
13. Sinegovskaya, V. T. Methods of research in field experiments with soybeans / V. T. Sinegovskaya, E. T. Naumchenko, T. P. Kobozeva. - Blagoveshchensk: All-Russian Research Institute of Soybean, 2016. - 116 p.
14. Register of resource-energy-saving technologies for crop production for Ryazan region (Technology system) / edited by S. V. Salnikov. - Ryazan: Ryazan Research and Design Institute of AIC of the Russian Agricultural Academy, 2007. - P. 92–101.
15. Trends of soybean yields under climate change scenarios / F. Eulenstein, M. Lana, M. Tauschke, A. Behrend, A. Sheudzen, S. Schlindwein, E. Guevara, S. Meira // *Horticulturae.* - 2017. - Vol. 3, № 1. - P. 10.
16. Specialized arrays for climate research: Information from All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information - World Data Center". – URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>.
17. Influence of seeding amount and sowing methods on yield and quality of seeds of early-ripening varieties and forms of soybeans of the northern ecotype. / M. E. Belyshkina, T. P. Kobozeva, V. A. Shevchenko, U. A. Delaev // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* - 2018. - № 4. - P. 182–190.
18. High-temperature stress and soybean leaves: leaf anatomy and photosynthesis / M. Djanaguiraman, P. V. V. Prasad, W. T. Schapaugh, D. L. Boyle // *Crop Science.* - 2011. - Vol. 51, № 5. - P. 2125–2131.
19. Egli, D. B. Soybean reproductive sink size and short-term reductions in photosynthesis during flowering and pod set / D. B. Egli // *Crop Science.* - 2010. - Vol. 50. - P. 1971–1977.
20. Modeling cropping periods of grain crops at the global scale / S. Minoli, S. Rolinski, C. Müller, D. B. Egli // *Global and Planetary Change.* - 2019. - Vol. 174. - P. 35–46.