

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Научная статья
УДК 633.34:581.543(470.311)
DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-90-104



Фенологическая оценка скороспелых образцов сои (*Glycine max* (L.) Merr.) в условиях Московской области

Е. В. Власова¹, Ю. В. Горбунова¹, И. В. Сеферова²

¹ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, Москва, Россия

² Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Викторовна Власова, stevlas@yandex.ru

Актуальность. Сортимент скороспелых сортов, пригодных для выращивания в Нечерноземной зоне РФ, крайне ограничен. Основным методом отбора источников скороспелости для сельскохозяйственного производства и селекционных программ является оценка генофонда в требуемых условиях.

Материалы и методы. Объектом исследования служили образцы сои из коллекции ВИР (81 образец), охарактеризованные как раннеспелые в условиях Северо-Запада РФ. Исследования проводили в 2018–2020 гг. в условиях полевого опыта в Московской области РФ. Максимальные значения суммы активных температур выше 10°C за вегетационный период варьировали от 1642 до 2189°C.

Результаты. Дана оценка образцов по средней продолжительности межфазных периодов: «всходы – цветение» (37–53 дня), «цветение – созревание» (50–85 дней) и «всходы – созревание» (81–130 дней). Крайние даты созревания образцов наблюдали 20 августа – 05 октября, максимальная длина периода от всходов до созревания составляла 93–139 дней. Большая часть изученных образцов характеризовалась коротким периодом «всходы – цветение». Различия между образцами по продолжительности вегетационного периода были обусловлены преимущественно разной длительностью периода «цветение – созревание».

Заключение. Погодные условия в средней полосе России позволяют стабильно получать урожай семян сои при их созревании не позднее I декады сентября. 32 образца из селекционных учреждений РФ, Беларуси, Польши, Германии, Швеции и США удовлетворяли этому условию в течение трех лет наблюдений. Выделенные образцы характеризовались коротким периодом «всходы – цветение» (37–48 дней) и продолжительностью периода «цветение – созревание» 50–66 дней. Они могут быть использованы в качестве источников скороспелости в селекции сои.

Ключевые слова: сорт, скороспелость, продолжительность вегетационного периода, фенология

Благодарности: работа выполнена в рамках реализации государственных заданий ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0003 «Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями» и ВИР по проекту № FGEM-2022-0002 «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Власова Е.В., Горбунова Ю.В., Сеферова И.В. Фенологическая оценка скороспелых образцов сои (*Glycine max* (L.) Merr.) в условиях Московской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023; 184(3):90-104. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-90-104

COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-90-104

Phenological assessment of early-maturing soybean accessions (*Glycine max* (L.) Merr.) under the conditions of Moscow Province

Elena V. Vlasova¹, Yulia V. Gorbunova¹, Irina V. Seferova²

¹ Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

² N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

Corresponding author: Elena V. Vlasova, stevlas@yandex.ru

Background. The range of early-maturing cultivars suitable for the Non-Black-Earth Zone of the Russian Federation (RF) is extremely limited. The main method of finding sources of earliness for crop production and breeding is the evaluation of the gene pool under the required conditions.

Materials and methods. The objects of the study were 81 soybean accessions from the VIR collection, precharacterized as early-ripening under the conditions of Northwest Russia. The studies were carried out in 2018–2020 as field trials under the conditions of Moscow Province.

Results. Soybean accessions were characterized by the duration of the emergence-to-flowering (37–53 days), flowering-to-ripening (50–85 days) and emergence-to-ripening (81–130 days) periods. The extreme ripening dates for the accessions were observed from August 20 to October 5, while the maximum duration from emergence to ripening was from 93 to 139 days. The highest sum of active temperatures above 10°C for a growing season ranged from 1642 to 2189°C. Most of the studied accessions were characterized by a short emergence-to-flowering period. Therefore, the differences among accessions in the duration of the growing season were mainly due to the different lengths of their flowering-to-ripening period.

Conclusion. Soybean seeds should ripen no later than the first 10 days of September for a stable harvest under the weather conditions of the Russian Non-Black-Earth Zone. There were 32 accessions from breeding centers of the RF, Belarus, Poland, Germany, Sweden, and the U.S. that met these requirements during the three years of observations. The selected accessions demonstrated a short emergence-to-flowering period of 37–48 days, and the length of their flowering-to-ripening period of 50–66 days, on average for three years. They can be used as sources of earliness in soybean breeding.

Keywords: cultivar, early-ripening, growing season duration, phenology

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the state tasks assigned to the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, No. 0432-2021-0003 “Preserve, replenish, and study genetic collections of agricultural plants and establish repositories of fruit and berry crops planted free of viruses”, and the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), No. FGEM-2022-0002 “Identifying possibilities in the genetic diversity of leguminous crops to optimize their breeding and diversify uses in various sectors of the national economy”.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Vlasova E.V., Gorbunova Yu.V., Seferova I.V. Phenological assessment of early-maturing soybean accessions (*Glycine max* (L.) Merr.) under the conditions of Moscow Province. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(3):90-104. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-90-104

Введение

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) является основной производимой и потребляемой в мире масличной культурой и считается наиболее рентабельным источником растительного белка (Wilcox, 2004). Традиционно значительная часть промышленных посевов сои в РФ была сосредоточена на Дальнем Востоке. Однако благодаря достижениям селекции сою стали успешно возделывать в Европейской части РФ. Неуклонный рост площадей посевов сои в последние годы отмечают в областях Центрально-Черноземного региона (Белгородской, Курской, Воронежской, Брянской, Орловской) (Seferova, Vishnyakova, 2018). В условиях Нечерноземной зоны эффективность возделывания существующих сортов сои лимитируются меньшей теплообеспеченностью и более длинным световым днем. Ультраскороспелые сорта, включенные в Госреестр по Центральному региону, все еще нуждаются в улучшении по показателям семенной продуктивности, длины стебля и высоты прикрепления нижнего боба (Vlasova, Gorbunova, 2017). Дальнейший поиск источников скороспелости для сельскохозяйственного производства и селекционных программ в Нечерноземной зоне крайне актуален (Vishnyakova et al., 2017).

Оценка генотипов по признакам раннего цветения и созревания с использованием молекулярно-генетических маркеров в настоящее время является трудновыполнимой задачей. Хотя возможности расширяются по мере идентификации генотипического состава и установления молекулярных механизмов экспрессии генов при их взаимодействии с факторами окружающей среды (Weller, Ortega, 2015; Bu et al., 2021). В настоящее время описаны локусы серии *E* (от *E1* до *E11*), гены *J*, *Tof5*, *Tof11*, *Tof12*, *Tof16*, *LUX*, *Dt1*, *Dt2*, а также ряд локусов количественных признаков (*QTL*), оказывающих влияние на фенологические характеристики сои (Vicente et al., 2016; Fedorina et al., 2022; Lv et al., 2022). Однако для интерпретации результатов секвенирования генома, детекции локусов и установления особенностей функционирования генов требуются базовые фенологические эксперименты.

Знание фенологических характеристик образцов, составляющих коллекции, обуславливает успех их дальнейшего использования в молекулярно-генетических исследованиях и позволяет расширить генетическое разнообразие источников скороспелости, используемых в селекционных программах (Seferova, Novikova, 2015; Vishnyakova et al., 2017; Miladinović et al., 2018; Kumawat et al., 2019).

Ценным исходным материалом для создания сортов, обладающих скороспелостью, слабой фотопериодической чувствительностью и низкой требовательностью к температурам воздуха, являются 342 образца сои, выделенные по результатам скрининга коллекции ВИР в условиях Ленинградской области. В условиях Северо-Запада РФ они демонстрировали способность формировать выполненные семена, но при условии ручного способа уборки с дозариванием бобов на стеблях и досушиванием семян (Seferova, 2016; Seferova, Vishnyakova, 2018). Результаты испытания отдельных образцов из этого набора в условиях Московской области показали, что их созревание происходит в близкие к оптимальным для региона сроки (Vlasova, Gorbunova, 2016; Shafigullin et al., 2016). Поэтому, учитывая накопленный опыт и положительные результаты предыдущих исследований, испытания образцов сои в условиях Московской области были продолжены.

Цель исследования – фенологическая оценка источников скороспелости сои из коллекции ВИР в условиях Московской области.

Материалы и методы

Испытывали 81 образец сои из коллекции ВИР, которые являются достаточно скороспелыми для формирования выполненных бобов и всхожих семян в условиях Северо-Запада РФ (Seferova, 2016). Образцы представляют собой производственные сорта и селекционный материал из 14 стран (табл. 1). Семенная продуктивность и другие хозяйственно ценные признаки у данных образцов существенно различаются и требуют дальнейшего изучения.

Таблица 1. Перечень изученных образцов сои коллекции ВИР
Table 1. List of the tested soybean accessions from the VIR collection

№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение	№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение
Образцы из Российской Федерации					
10656	ПЭП 22	Ленинградская обл.	9609	СибНИИК 315	Новосибирская обл.
10044	СибНИИСХОЗ 6	Омская обл.	9587	Белор	Белгородская обл.
5546	Тимирязевская 1	г. Москва	9959	Окская	Рязанская обл.
11035	М-12	г. Москва	9960	Светлая	Рязанская обл.
11039	М-31	г. Москва	11114	Касатка	Рязанская обл.
11040	М-70	г. Москва	11115	Малета	Рязанская обл.
9953	Соер 4	Саратовская обл.	8777	Взлет	Амурская обл.
9954	Соер 5	Саратовская обл.	10043	Алтом	Алтайский край
10388	Соер 13-91	Саратовская обл.	11199	Бара	Краснодарский край

Таблица 1. Окончание

Table 1. The end

№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение	№ по каталогу ВИР	Название	Происхождение
Образцы из зарубежных стран					
10847	Снежок	Беларусь	11012	Kenchawol	Великобритания
10878	СН 23-42	Беларусь	6817	073-5	Канада
10881	СН 36-74-1	Беларусь	10539	KG-20	Канада
10884	СН 1014-1-20	Беларусь	10679	OT 87.8	Канада
11383	Оресса	Беларусь	4880	Молдавская 65	Молдова
6375	Chabem Wekoju	Польша	11486	Ras 20	Нидерланды
6456	Arctic	Польша	9018	Precoce 90	Румыния
6924	Нордик 3	Польша	11046	HM 648 (Rita)	Словакия
6925	Нордик 5	Польша	5536	Ugra	Швеция
7136	Нордик 138	Польша	5583	840-5-3	Швеция
7410	В	Польша	5586	856-3-3	Швеция
8751	Nordia	Польша	5588	Fiskeby III	Швеция
10624	Aldana	Польша	6275	Fiskeby V	Швеция
10625	РАН-288	Польша	6793	Bravalla	Швеция
10641	LMF	Польша	6884	Szwedzka 4/75	Швеция
10898	1037/2	Польша	9628	748-5	Швеция
10976	Jutro	Польша	11232	1344	Швеция
11589	133/211 MN	Польша	11278	1342	Швеция
11593	Nawiko	Польша	11294	1218-4-4	Швеция
10856	Устя	Украина	11355	1220-118-23	Швеция
10869	Елена	Украина	11357	1312-17-2	Швеция
10886	К-0152	Украина	11360	1320	Швеция
11518	Легенда	Украина	11362	1337	Швеция
11534	Либідь	Украина	11389	1352	Швеция
6887	S-43	Франция	11488	766-2	Швеция
9922	Major	Франция	11489	738-4	Швеция
10606	Kalmit	Франция	6789	711/74	Германия
10964	Baron	Чехия	9837	Sito	Германия
9434	Balesta	США	10549	Semu 8001	Германия
9512	MON-21	США	10551	Semu 8107	Германия
623953	Kosodiguri Extra Early	Япония	11490	Gokuwase Hayabusa Edamame	Япония
6781	Mutante: Stamm 54/145 M4509/73	Германия			

Опыты проводили в 2018–2020 гг. в условиях Ступинского района Московской области на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах в полевом севообороте с использованием традиционных агротехнических мероприятий. Биопрепараты не применяли. Семена высевали рядовым способом на делянках 2 м² в двукратной повторности. Норма высева – 100 семян/м². Уборку производили в фазу полной спелости бобов вручную. Собранные семена использовали для посева на следующий год. Отмечали сроки появления всходов, цветения и созревания. Дату начала цветения определяли от зацветания первых цветков, дату созревания – при побурении бобов и формировании твердых семян у 75% растений на делянке согласно методике ВИР (Vishnyakova et al., 2010).

Для оценки влияния метеорологических параметров на изменчивость фенологических характеристик образцов использовали показатели средней температуры воздуха (t , °C) и суммы осадков в период испытаний (мм). Метеорологические данные получены на метеостанции п. Михнево (55°13' с. ш., 37°96' в. д.; высота над уровнем моря – 178 м).

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы MS Excel 2016 с надстройкой XLSTAT. Вычисляли продолжительность межфазных периодов «всходы – цветение» и «цветение – созревание», продолжительность вегетационного периода (ПВП, дней) и сумму активных температур выше 10°C (САТ, °C) за этот период. Данные каждого образца анализировали по средним за три года наблюдений, максимальным значениям за этот период, размаху изменчивости и коэффициенту вариации по годам (Cv, %). Изменчивость фенологических показателей в пределах выборочной совокупности (рис. 1, а, b, с, 3, 5) представляли в виде блочных диаграмм типа «ящик с усами» (“box plots”), в которых границами ящика служили центральные значения между первым и третьим квартилями, а «усы» демонстрировали минимальные и максимальные значения. Межгодовые различия определяли по средним значениям и дисперсии. Оценку существенности разности средних сопряженных выборок проводили по t-критерию Стьюдента. Достоверность различий между дисперсиями устанавливали по критерию F Фишера. Оценку достоверности различий между образцами по числу дней за периоды «цве-

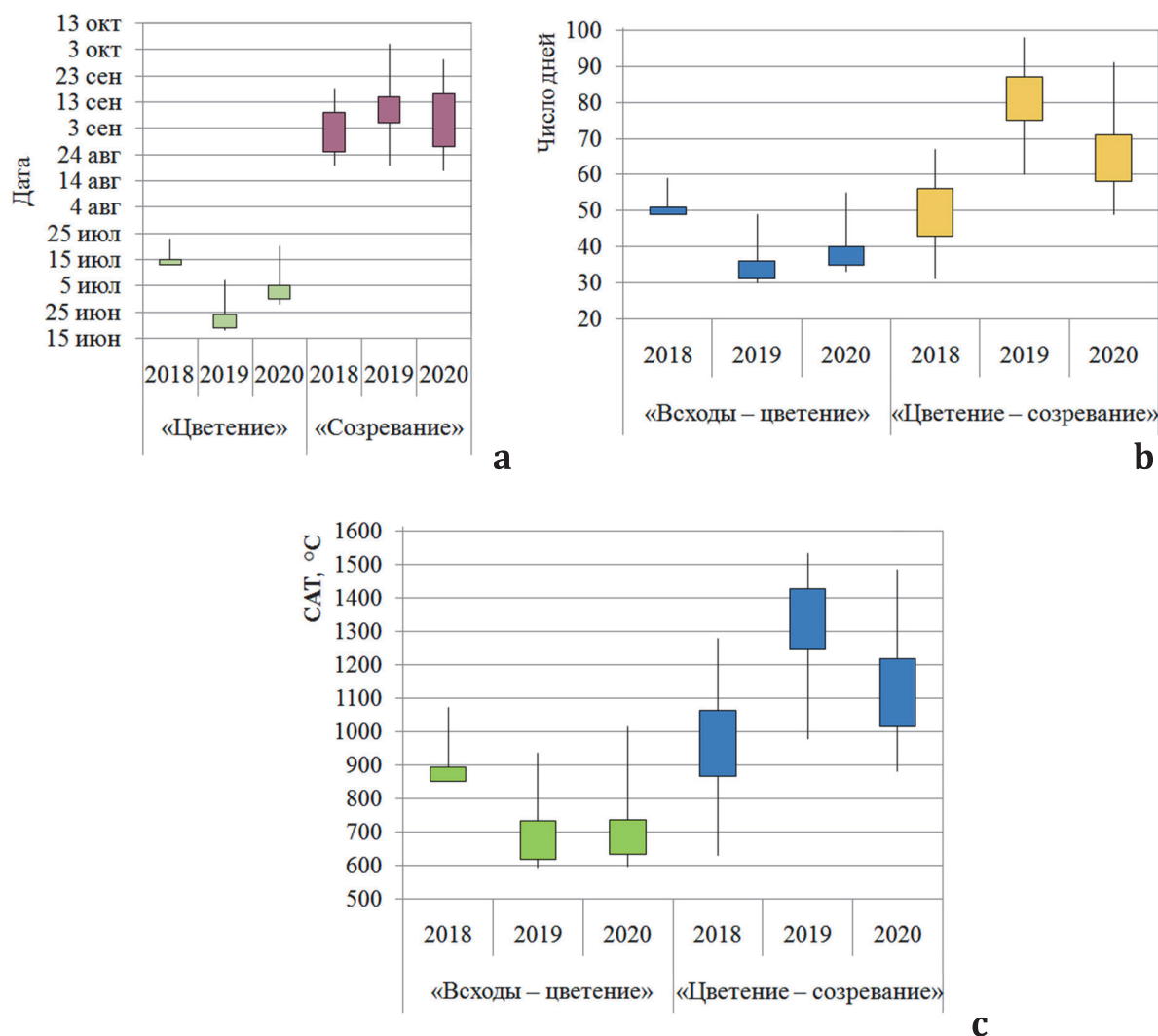


Рис. 1. Изменчивость фенологических характеристик у образцов сои в 2018–2020 гг.: **а** – даты цветения и созревания; **б** – продолжительность периодов «всходы – цветение» и «цветение – созревание»; **с** – сумма активных температур (САТ, °C) за периоды «всходы – цветение» и «цветение – созревание»

Fig. 1. Variability of phenological characteristics in soybean accessions in 2018–2020: **a** – the dates of flowering and ripening; **b** – the number of days from emergence to flowering and from flowering to ripening; **c** – the sum of active temperatures (САТ, °C) during the emergence-to-flowering and flowering-to-ripening periods

тение – созревание» и «всходы – созревание» проводили методом двухфакторного дисперсионного анализа и наименьшей существенной разности (НСР). Для проверки соответствия вариационных рядов нормальному распределению строили гистограммы и использовали критерий согласия Пирсона хи-квадрат (χ^2), а также показатели эксцесса (E_x) и асимметрии (A_s).

Характеристику образцов сои по продолжительности периодов «всходы – цветение» и «всходы – созревание» проводили в соответствии с Международным классификатором СЭВ (Shchelko et al., 1990) по следующим шкалам:

период «всходы – цветение» (дней): «очень короткий»: 1 – менее 31, 2 – 31–35; «короткий»: 3 – 36–40, 4 – 41–50 дней; «средний»: 5 – 51–60, 6 – 61–70; «длинный»: 7 – 71–80, 8 – 81–90, «очень длинный»: 9 – более 90;

период «всходы – созревание» (дней): «очень короткий»: 1 – менее 81, 2 – 81–90; «короткий»: 3 – 91–100, 4 – 101–110 дней; «средний»: 5 – 111–120, 6 – 121–130; «длинный»: 7 – 131–140, 8 – 141–150; «очень длинный»: 9 – более 150.

Результаты и обсуждение

Посев сои осуществляли 10 мая в 2018 г. и 2 мая в 2019 и 2020 г. Полные всходы отмечали: 25–26 мая в 2018 и 2020 г. и 16–19 мая в 2019 г. Разброс значений дат цветения и созревания, а также продолжительности межфазных периодов и суммы активных температур за эти периоды в пределах изучаемого набора образцов в 2018–2020 гг. демонстрируют рисунки 1, а, б, с.

В таблице 2, а представлены средние и дисперсии показателей продолжительности периодов «всходы – цветение», «цветение – созревание», «всходы – созревание» и суммы активных температур (САТ, °С) за эти периоды. Результаты оценки существенности разности средних по t-критерию Стьюдента (табл. 2, б) во всех случаях указывали на достоверность различий между средними по годам при уровне значимости 0,01, так как для всех сравниваемых пар средних t-фактическое по модулю больше табличного (t_{01}), а значения двухсторонней вероятности (p) были значительно меньше 0,01.

Дисперсия показателей в пределах изучаемой группы образцов, как правило, менялись незначительно. По результатам оценки достоверности различий между дисперсиями по критерию F Фишера (табл. 2, в) было установлено, что только в 2018 г. в период «всходы – цветение» дисперсия по образцам была достоверно ниже, чем в остальные годы как по числу дней, так и по сумме активных температур за этот период. На это указывали показатели отношения дисперсий 2019 / 2018 г. ($F = 3,3$ по числу дней и 2,3 по САТ, °С) и 2020 / 2018 г. ($F = 2,9$ по числу дней и 2,3 по САТ, °С), которые превышали критические значения ($F_{01} = 1,7$), и значения односторонней вероятности p, которые были значительно меньше 0,01. В остальных случаях значения $F < F_{05}$ и $p > 0,05$ указывали на отсутствие оснований отвергать гипотезу о равенстве дисперсий.

Поскольку соя – растение короткого дня, то при увеличении продолжительности светового дня сроки начала ее цветения и созревания наступают позже. С ростом температур развитие сои ускоряется по крайней мере до достижения слишком высоких, неблагоприятных значений (превышающих 27°C). Модифицирующее влияние на темпы развития растений оказывают осадки: их обилие сокращает продолжительность периода «посев – всхо-

ды», но увеличивает длительность периода «всходы – цветение» (Summerfield et al., 1993; Kozlov et al., 2018; Seferova, Novikova, 2015). На основании данных о средней температуре воздуха (t, °С) и сумме осадков в отдельные декады вегетационного периода в 2018–2020 гг. (рис. 2, а, б) нами проанализировано влияние этих метеорологических показателей на межгодовую изменчивость фенологических характеристик сои.

Отличительной особенностью погодных условий в период «посев – всходы» в 2020 г. являлись низкие температуры воздуха во II (+10,0°C) и III (+11,3°C) декадах мая. В этот период дважды (16 и 20 мая) отмечали снижение ночной температуры воздуха до 0,0°C. Несмотря на обилие осадков, в холодных условиях 2020 г. всходы появились на 23–24-й день, в то время как в более теплых условиях 2018 и 2019 г. – на 14–17-й день после посева.

Период «всходы – цветение» оказался самым продолжительным в 2018 г. (в среднем 50,5 дней) из-за низких температур воздуха в I декаде июня: среднедекадная температура воздуха (+12,5°C) была меньше, чем в 2019 и 2020 г. на 8,5 и 3,7°C соответственно. Как было показано выше, в 2018 г. дисперсия продолжительности периода «всходы – цветение» была меньше по сравнению с показателями 2019 и 2020 г. в 3,3 и 2,9 раз соответственно. И если в 2018 г. размах изменчивости по датам цветения составлял 10 дней, то в 2019 и 2020 г. он увеличился вдвое (19 и 22 дня соответственно). Эти данные позволяют предположить, что в относительно холодных условиях хуже проявляются различия между образцами с неодинаковой способностью ускорять цветение при повышении температуры воздуха.

В 2019 г. даты всходов и цветения сои отмечали раньше, чем в 2020 г. в среднем на 7 и 12 дней соответственно. Развитие растений до начала цветения в 2019 г. проходило при менее длинном дне, более высоких температурах воздуха и меньшей влагообеспеченности по сравнению с 2020 г. Совокупность перечисленных факторов способствовала тому, что в 2019 г. продолжительность периода «всходы – цветение» (от 30 до 49 дней, в среднем 33 дня) оказалась короче, чем в 2020 г. в среднем на 5 дней.

Ускоренному прохождению периода «цветение – созревание» (от 31 до 67 дней, в среднем 49,6 дней) в 2018 г. благоприятствовали высокие температуры воздуха со II–III декад июля до II декады сентября. Напротив, в 2019 г. период «цветение – созревание» был наиболее продолжительным (от 60 до 98 дней, в среднем 80,6 дней). Затягивание сроков репродуктивного развития в этом году мы связываем в первую очередь с более холодными условиями в июле и I декаде августа по сравнению с 2018 и 2020 г. Холодной была также III декада сентября 2019 г. (ниже нормы на 1,9°C), в течение которой (после первого заморозка (-1,0°C) 24 сентября) оставшиеся неубранными и продолжавшие вегетацию самые позднеспелые образцы сои сбросили листья.

Таким образом, в нашем исследовании подтвердилось более быстрое прохождение образцами сои межфазных периодов «посев – всходы», «всходы – цветение» и «цветение – созревание» в условиях с более высокой теплообеспеченностью. Сумма активных температур за межфазный период напрямую зависит от числа дней и средней температуры воздуха. Вследствие того, что последние два показателя находятся в отрицательной зависимости, сумма активных температур меньше варьирует по годам по сравнению с числом дней. На это указывают значения коэффициентов вариации (Cv, %). По числу дней изменчивость высокая: в среднем по образцам

Таблица 2. Оценка межгодовых различий средней продолжительности межфазных периодов и суммы активных температур за эти периоды**Table 2. Assessment of the differences between years in the mean duration of the interphase periods and the sums of active temperatures in these periods**

Периоды:	«Всходы – цветение»			«Цветение – созревание»			«Всходы – созревание»		
а) Средние и дисперсии по годам									
Годы:	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
по числу дней:									
Среднее	50,5	33,4	38,4	49,6	80,6	64,6	100,1	114,0	103,0
Дисперсия	6,4	21,2	18,9	66,7	63,8	82,1	67,2	77,2	86,7
по САТ, °С									
Среднее	884	666	702	983	1323	1113	1867	1989	1815
Дисперсия	3313	7551	7544	21210	14590	18372	20546	15345	17841
б) Результаты оценки существенности разности средних по t-критерию									
Сравниваемые годы:	t факт.	p	t факт.	p	t факт.	p	t факт.	p	
по числу дней:									
2020–2019	11,3	2,6E-18	-16,1	8,6E-27	-12,0	1,2E-19			
2019–2018	-35,8	5,2E-51	41,4	8,4E-56	18,6	8,6E-31			
2020–2018	-27,4	2,3E-42	16,4	2,7E-27	3,5	6,8E-04			
по САТ, °С:									
2020–2019	4,1	8,6E-05	-13,3	6,1E-22	-13,3	7,1E-22			
2019–2018	-23,6	8,4E-38	25,8	1,7E-40	10,4	1,6E-16			
2020–2018	-20,1	4,5E-33	8,2	3,5E-12	-4,1	1,0E-04			
<p>t факт. – фактическое значение критерия Стьюдента. Положительное либо отрицательное значение t факт. указывает: среднее арифметическое какого года выше. Для сравнения с t критическим используют модуль значения t фактического;</p> <p>p – двухсторонняя доверительная вероятность; малые значения представлены в экспоненциальном формате; $t_{01} = 2,6$ – t критическое на 1-процентном уровне;</p>									
в) Результаты оценки достоверности различий между дисперсиями по критерию F									
Сравниваемые годы:	F	p	F	p	F	p	F	p	
по числу дней:									
2020–2019	1,1	0,3	1,3	0,13	1,1	0,3			
2019–2018	3,3	1,1E-07	1,0	0,42	1,2	0,3			
2020–2018	2,9	1,4E-06	1,2	0,18	1,3	0,1			
по САТ, °С:									
2020–2019	1,0	0,5	1,2	0,2	1,1	0,3			
2019–2018	2,3	1,5E-04	1,4	0,1	1,2	0,2			
2020–2018	2,3	1,5E-04	1,1	0,3	1,1	0,3			
<p>p – односторонняя вероятность; малые значения представлены в экспоненциальном формате;</p> <p>F – фактическое значение критерия Фишера;</p> <p>$F_{05} = 1,5$ и $F_{01} = 1,7$ – F критическое одностороннее на 5- и 1-процентных уровнях, соответственно</p>									

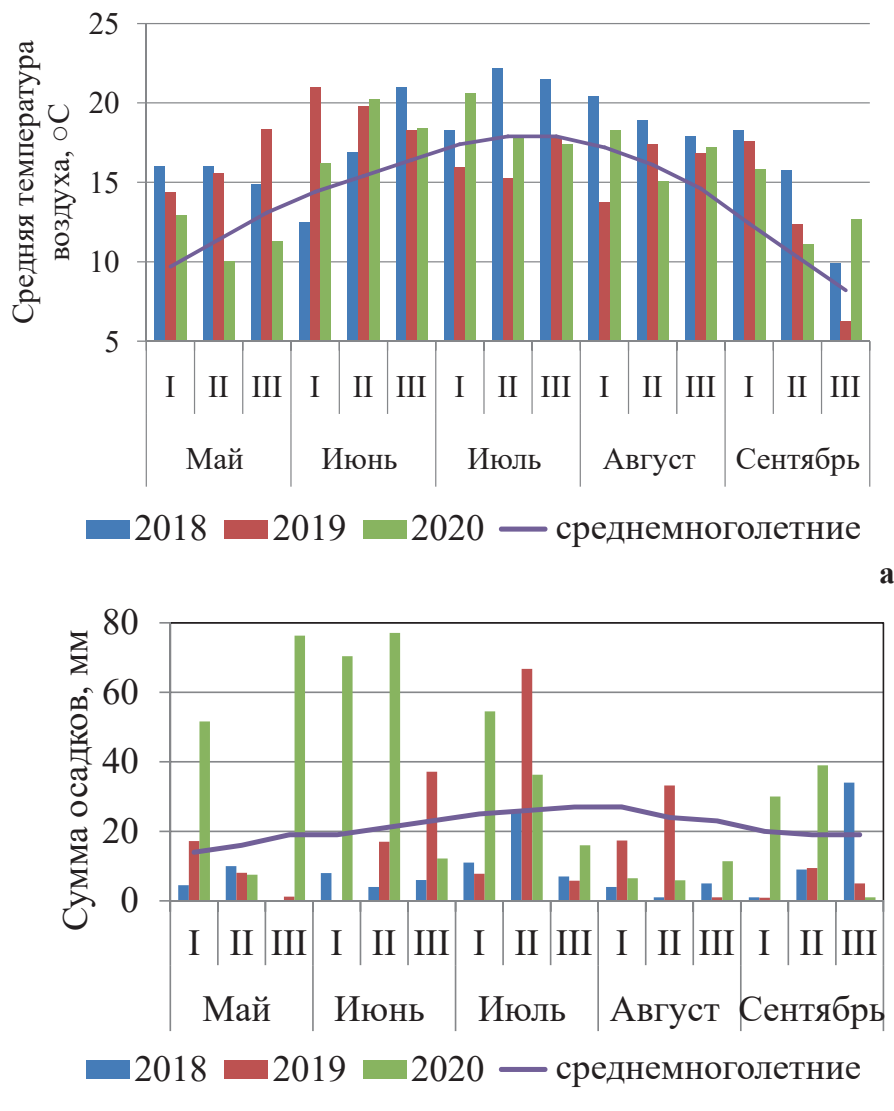


Рис. 2. Среднедекадные метеорологические показатели в 2018–2020 гг.:
 а – среднесуточная температура воздуха; б – сумма осадков

Fig. 2. Ten-day meteorological parameters in 2018–2020:
 а – mean air temperatures; б – precipitation amounts

$S_v = 22,5\%$ («всходы – цветение») и $24,4\%$ («цветение – созревание»), а по сумме активных температур – средняя ($S_v = 16,9\%$ и $16,6\%$ соответственно) (рис. 3). Хотя в целом продолжительность периодов «всходы – цветение», «цветение – созревание» (см. рис. 1, б) и сумма активных температур (см. рис. 1, с) за эти периоды менялись по годам в одном направлении. Коэффициенты вариации продолжительности периода «всходы – созревание» в среднем по образцам составляли: $S_v = 7,9\%$ (по числу дней) и $S_v = 5,6\%$ (по САТ за этот период). Их значения были в три раза ниже по сравнению с теми же показателями длины периодов «всходы – цветение» и «цветение – созревание» (см. рис. 3), и указывали на слабую изменчивость признака по годам. Возможно, что начало созревания сои регулируется длительностью светового дня и таким образом оказывает стабилизирующее влияние на продолжительность вегетационного периода.

Гистограмма вариационного ряда распределения образцов по длительности периода «всходы – цветение» (рис. 4, а) отображает превалирование ранозацветающих

образцов. Вариационная кривая характеризуется островершинностью (эксцесс $E_x = 4,92$) и правосторонней асимметрией (асимметричность $A_s = 2,13$).

Вариационный ряд по длительности периода «цветение – созревание» (рис. 4 б) демонстрирует соответствие нормальному распределению частот, поскольку показатели эксцесса и асимметрии близки к нулю ($E_x = 0,07$; $A_s = 0,35$), χ^2 фактическое (2,54) меньше χ^2 критического (7,81) с вероятностью 0,47, что больше уровня значимости 0,05.

Результаты оценки вариационного ряда по продолжительности периода «всходы – созревание» (рис. 4, с) также подтверждают его соответствие нормальному распределению, поскольку $E_x = 0,56$; $A_s = 0,03$; χ^2 фактическое (1,71) меньше χ^2 критического (7,81) с вероятностью 0,63, превышающей уровень значимости 0,05. В силу того, что подавляющее большинство образцов характеризовалось коротким периодом «всходы – цветение», полиморфизм представленного набора образцов по продолжительности вегетационного периода был

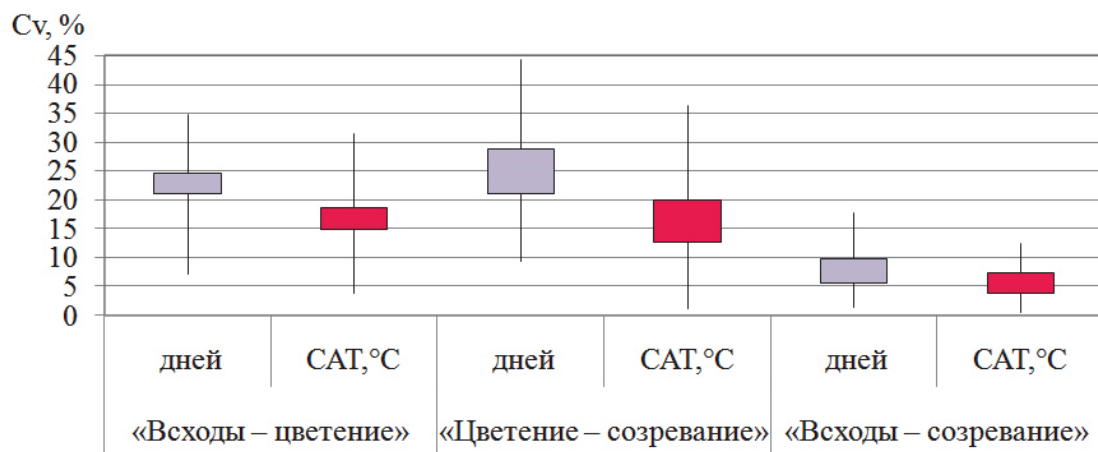


Рис. 3. Коэффициенты вариации продолжительности межфазных периодов и суммы активных температур, 2018–2020 гг. (Cv, % – коэффициент вариации, САТ, °С – сумма активных температур)

Fig. 3. Variability between years in the duration of the interphase periods (days) and the sums of active temperatures in 2018–2020 (Cv, % – coefficient of variation; САТ, °С – sum of active temperatures)

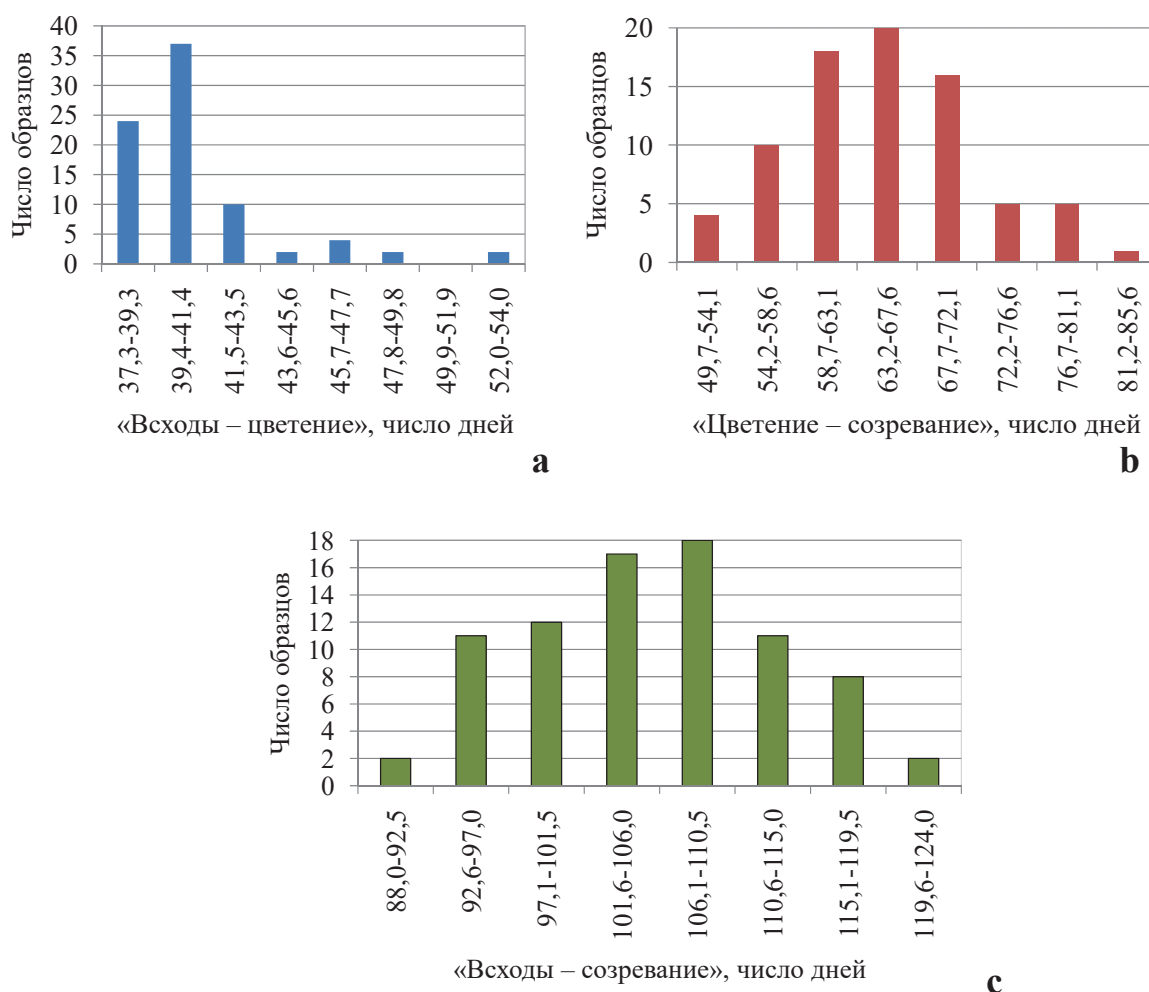


Рис. 4. Распределение образцов сои по средней продолжительности межфазных периодов, 2018–2020 гг.: а – «всходы – цветение», б – «цветение – созревание», в – «всходы – созревание»

Fig. 4. Frequency distribution of soybean accessions according to the duration of interphase periods (on average for 2018–2020): а – from emergence to flowering; б – from flowering to ripening; в – from emergence to ripening

обусловлен преимущественно различной длительностью периода «цветение – созревание».

При анализе данных продолжительности периодов «цветение – созревание» и «всходы – созревание» методом двухфакторного дисперсионного анализа для всех источников вариации (образец, год, взаимодействие) получены значения доверительной вероятности (p) значительно меньше 0,01, а показатели критерия Фишера (F фактического) превосходили табличные значения на 1-процентном уровне ($F_{0.01}$) (табл. 3). Полученные данные свидетельствовали о достоверности вклада в изменчивость изучаемых признаков как генетических различий между образцами, так и условий лет изучения. Также имел место эффект взаимодействия «образец – год», что указывало на несколько различную реакцию образцов на условия года изучения. Значения $HCP_{0.01}$ для оценки существенности частных различий между средними по образцам по продолжительности периода «всходы – созревание» на 1-процентном уровне составляли 4,9 дней, что меньше интервалов, по которым разделяют образцы в Международном классификаторе СЭВ (Shchelko et al., 1990). Аналогичный показатель для периода «цветение – созревание» составил: $HCP_{0.01} = 4,3$ дня.

1 ('Светлая' – 50 дней) и 5 ('Елена' – 81 день и '1344' – 85 дней).

Следует отметить, что любая характеристика образцов по группам спелости, построенная по усредненным показателям, не позволяет оценить индивидуальную реакцию образцов на внешние условия в отдельные годы. В частности, при производственном возделывании сортов сои важна информация о наиболее поздних датах созревания и максимальных значениях продолжительности периода «всходы – созревание» и суммы активных температур выше 10°C за вегетационный период, отмеченных за период наблюдений. Данные характеристики изученных нами образцов представлены в табл. 5.

Таким образом, по датам созревания самым скороспелым оказался сорт 'Светлая' (Рязанская обл.), который был готов к уборке в разные годы 18–20 августа. Это единственный сорт с "очень коротким" (81–90 дней) периодом «всходы – созревание». Он характеризовался коротким периодом «всходы – цветение» и отличался наименее продолжительным периодом «цветение – созревание» (50 дней в среднем за 3 года наблюдений).

В течение III декады августа вызревали сорта: 'Окская', 'Касатка', 'Малета' (Рязанская обл.); 'СибНИИК 315' (Новосибирская обл.); 'СибНИИХОЗ 6' (Омская обл.);

Таблица 3. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа продолжительности периода «цветение – созревание» и «всходы – созревание»

Table 3. Results of a two-way ANOVA for the duration of the flowering-to-ripening and emergence-to-ripening periods

Источник вариации	«цветение – созревание»		«всходы – созревание»		$F_{0.01}^{**}$
	F факт.*	p^{***}	F факт.*	p^{***}	
Образец	36,1	1,8E-99	34,2	6,19E-97	1,50
Год	4473,3	2,0E-192	760,7	2,5E-105	4,69
Взаимодействие	8,8	3,6E-50	6,2	1,07E-36	1,39

* F факт. – фактическое значение критерия Фишера; ** $F_{0.01}$ – критическое значение критерия Фишера при уровне значимости 0,01; *** p – значения доверительной вероятности (представлены в экспоненциальном формате)

* F fact. – the actual value of the Fisher criterion; ** $F_{0.01}$ – the critical value of the Fisher criterion at a significance level of 0.01; *** p – the probability value (presented in an exponential format)

Группировка образцов в соответствии с предлагаемыми в Международном классификаторе СЭВ (Shchelko et al., 1990) интервалами продолжительности периодов «всходы – цветение» и «всходы – созревание» (в среднем за 3 года) представлена в таблице 4. В соответствии со шкалой классификатора почти все образцы имели "короткий" период «всходы – цветение» (36–40 и 41–50 дней) и только у двух ('KG-20' и 'Mutante: Stamm 54/145 M4509/73') он был средней длительности (51–60 дней). По продолжительности периода «всходы – созревание» (от 88 до 124 дней) образцы представляли группы 2 – 6, характеризовавшиеся "очень коротким", "коротким" и "средним" вегетационным периодом. Крайние группы 2 и 6 содержали по одному образцу ('Светлая' – 88 дней и '1344' – 124 дня). Длительность периода «цветение – созревание» варьировала в пределах 50–85 дней. Классификатор не дает градации по этому признаку. Мы предлагаем выделять следующие группы по длительности периода «цветение – созревание»: 1 – менее 51; 2 – 51–60, 3 – 61–70, 4 – 71–80, 5 – 81–90 дней. Минимальное количество образцов было представлено в крайних группах:

'Соер 5', (Саратовская обл.); 'Nawiko' (Польша); 'Balesta' (США). Эти сорта характеризовались "коротким" (91–100 дней) вегетационным периодом, ранним цветением и сравнительно непродолжительным периодом «цветение – созревание» (51–60 дней).

До конца I декады сентября достигали полной спелости образцы: 'Соер 13-91' (Саратовская обл.); 'Нордик 3', 'Нордик 5', 'Нордик 138', 'В', 'LMF', '1037/2' (Польша); '711/74' (Германия); '738-4', '766-2', '1320', '1337', '1352', '840-5-3', '1220-118-23', '1312-17-2', 'Szwedzka 4/75', 'Bravalla', 'Ugra' (Швеция); 'СН 23-42' (Беларусь), 'Тимирязевская 1', 'М-31' (Москва); 'ПЭП 22' (Ленинградская обл.). Эти образцы являются представителями групп с "коротким" (91–110 дней) вегетационным периодом. Они характеризовались ранним цветением и продолжительностью периода «цветение – созревание» от 51 до 66 дней.

Сроки созревания остальных образцов были отмечены позже I декады сентября, что нежелательно для возделывания в зоне испытания, хотя погодные условия в целом позволяли проводить их уборку по достижении

Таблица 4. Фенологическая характеристика изученных образцов сои (2018–2020 гг.)

Table 4. Phenological description of the studied soybean accessions (2018–2020)

Средняя продолжительность межфазных периодов (дней):				
«всходы – созревание»*	“всходы – цветение”*:			«цветение – созревание»
	3. “короткий” 36–40	4. “короткий” 41–50	5. “средний” 51–60	
2. “очень короткий”, 81–90	Светлая			менее 51
3. “короткий”, 91–100	Касатка, Малета, Соер 5, Соер 13-91, СибНИИСХОЗ 6, СибНИИК 315, М-31, Balesta, 1320, 1337, 1352, 766-2, 1220-118-23, 1312-17-2, Szwedzka 4/75, Bravalla, Nawiko, В, Нордик 5, Нордик 3, Arctic	Окская, 711/74		51–60
4. “короткий”, 101–110		Тимирязевская 1, Ros 2D		51–60
	М-12, М-70, Белор, Соер 4, Взлет, Алтом, СН 23-42, Kenchawol, S-43, Sito, Semu 8001, Semu 8107, LMF, Jutro, RAN-288, Aldana, 738-4, 748-5, 840-5-3, 856-3-3, 1342, 1218-4-4, Ugra, Fiskeby V	ПЭП 22, Бара, Оресса, СН 1014-1-20, 133/211 MN, 1037/2, Nordia, Нордик-138, Fiskeby III		61–70
	СН 36-74-1			71–80
5. “средний”, 111–120		Молдавская 65, Легенда, Chabem Wekoju, Baron, НМ 648 (Rita)	Mutante: Stamm 54/145 M4509/73, KG-20	61–70
	Снежок, Либідь, К-0152, Kalmit, Major, OT 87.8, 073-5, MON-21	Kosodiguri Extra Early, Gokuwase Hayabusa Edamame, Устя, Precose 90		71–80
	Елена			81–90
6. “средний”, 121–130	1344			81–90

* – в заголовках столбцов и строк – группы и соответствующие им интервалы продолжительности периодов «всходы – цветение» и «всходы – созревание» согласно Международному классификатору СЭВ (Shchelko et al., 1990)

* – the column and row headings are groups and corresponding intervals of the duration of the emergence-to-flowering and emergence-to-ripening periods according to the International COMECON List of Descriptors (Shchelko et al., 1990)

полной спелости и без дальнейшего дозаривания. Только в 2019 г. четыре образца закончили репродуктивное развитие лишь после первых заморозков: ‘Mutante: Stamm 54/145 M4509/73’ (Германия) (30 сентября), ‘НМ 648 (Rita)’ (Словакия) (5 октября), ‘Елена’ (Украина) и ‘1344’ (Швеция) (29 сентября).

Необходимо отметить, что среди тех образцов, которые ежегодно достигали полной спелости в течение августа и I декады сентября, присутствуют как образцы из РФ, так и из стран Европы (Швеции, Польши, Германии, Беларуси) и США. Изменчивость продолжительности периода «всходы – созревание» у групп образцов, сформированных по их географическому происхождению, от-

ражена на рисунке 5. В целом образцы из Украины, Молдовы, Румынии, Словакии, Чехии, Канады и Японии характеризовались наиболее длительным вегетационным периодом, а группы образцов из России, Польши, Германии, Нидерландов, Великобритании, Швеции и США были крайне неоднородны по этому признаку.

Различное географическое происхождение скороспелых образцов сои свидетельствует о заинтересованности исследователей разных стран в создании сортов, адаптированных по фенологическим характеристикам к нетрадиционным регионам возделывания сои.

При оценке скороспелости сои Г. С. Посыпанов предлагал использовать градацию по сумме активных темпера-

Таблица 5. Максимальные значения даты созревания, продолжительности вегетационного периода у образцов сои, 2018–2020 гг.**Table 5.** Maximum values of the ripening date and the duration of the growing season for soybean accessions in 2018–2020

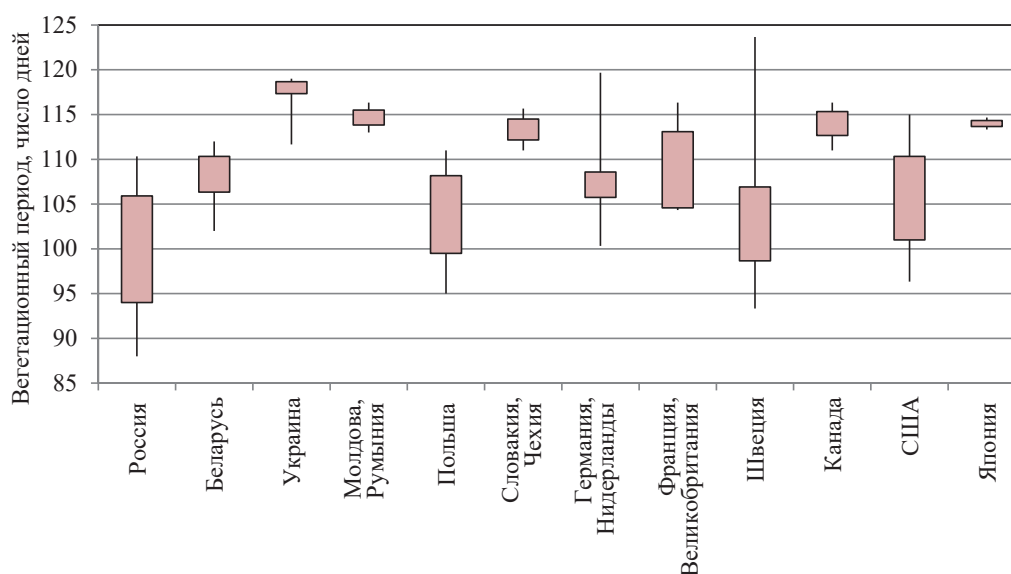
Название и происхождение образцов	Максимальные значения:		
	даты созревания	ПВП, дней*	САТ, °С**
Светлая	20 августа	93	1642
Окская, Касатка, Малета, Соер 5, СибНИИСХОЗ 6, СибНИИК 315, Balesta, Nawiko	27 – 31 августа	93–104	1657–1827
Соер 13-91, СН 23-42, В, Нордик 5, 711/74, 1320, 1337, 1352, 766-2, 1220-118-23, 1312-17-2, Bravalla, Szwedzka 4/75	1 – 5 сентября	100–109	1768–1914
Тимирязевская 1, М-31, ПЭП 22, Нордик 3, Нордик-138, 1037/2, LMF, 738-4, 840-5-3, Ugra	9 – 10 сентября	100–113	1914–1995
М-12, М-70, Бара, Взлет, Белор, Соер 4, СН 1014-1-20, Оресса, Arctic, 133/211 MN, Jutro, Baron, S-43, Major, Kenchawol, 748-5, 1342, 1218-4-4, Fiskeby V, Semu 8107, Sito, Semu 8001, Ros 2D	11 – 15 сентября	113–119	2022–2083
Алтом, СН 36-74-1, Снежок, Легенда, Молдавская 65, Chabem Wekoju, Nordia, РАН-288, Aldana, MON-21, OT 87.8, 073-5, KG-20, Precoce 90, Kalmit, Kosodiguri Extra Early, Gokuwase Hayabusa Edamame, 856-3-3, Fiskeby III	16 – 20 сентября	113–124	2000–2126
К-0152, Устя, Либідь	24 – 25 сентября	121–129	2083–2149
Елена, Mutante: Stamm 54/145 M4509/73, 1344	29 – 30 сентября	126–134	2115–2189
НМ 648 (Rita)	5 октября	139	2189

Примечание: * ПВП – продолжительность вегетационного периода от даты всходов до даты созревания (дней);

** САТ – сумма активных температур выше 10°C за вегетационный период

Note: * ПВП – the duration of the growing season (days);

** САТ – the sum of active temperatures above 10°C for the growing season

**Рис. 5.** Средняя продолжительность вегетационного периода у образцов сои разного географического происхождения (2018–2020 гг.)**Fig. 5.** The number of days from emergence to maturity for the studied set of soybean accessions, on average for 2018–2020, depending on their geographic origin

тур, наряду с классификацией по продолжительности периода от всходов до созревания (Еникеева, Каразанова, 2000). Однако сгруппировать образцы одновременно по обоим показателям крайне проблематично из-за несоответствия шкал оценки (Vlasova, Gorbunova, 2016). Установить строгую взаимосвязь показателей затруднительно также из-за различной их вариабельности по годам, отмеченной в текущем опыте. В среднем за три года проведенных наблюдений группам продолжительности периода «всходы – созревание», согласно Международному классификатору СЭВ (Shchelko et al., 1990), соответствовала следующая сумма активных температур: 2. “очень короткий” – 81–90 дней – менее 1600°C; “короткий”: 3 – 91–100 дней – 1600–1800°C, 4 – 101–110 дней – 1801–1970°C; “средний”: 5 – 111–120 дней – 1971–2100°C, 6 – 121–130 дней – более 2100°C.

Значительный полиморфизм по фенологическим характеристикам исследуемой группы образцов, установленный при выращивании их в условиях Московской области, свидетельствует о генетическом разнообразии, которое трудно выявить при возделывании тех же образцов при более коротком дне и более высоких температурах воздуха. Это свойство скороспелых образцов сои отмечали также Jia et al. (2014). Однако, как показали результаты нашего эксперимента, при пониженных температурах воздуха размах варьирования продолжительности периода «всходы – цветение» может снижаться, что при прочих равных условиях может приводить к уменьшению дифференциации образцов по продолжительности вегетационного периода.

Следует отметить, что в изученной нами выборке полиморфизм по срокам цветения имел меньшее влияние на различную скороспелость образцов по сравнению с продолжительностью периода «цветение – созревание». Это свойство источников скороспелости отмечали также Н. Jia et al. (2014) и Я. В. Федорина с соавторами (Fedorina et al., 2022). И связано оно с тем, что формы, характеризующиеся ранним созреванием в холодных регионах, обладают слабой фотопериодической чувствительностью фазы цветения к долготе дня. Поэтому создание трансгрессивных форм в селекции сои на скороспелость возможно путем сокращения репродуктивного периода развития после цветения.

Заключение

По результатам трехлетних испытаний в условиях Московской области проведена фенологическая оценка 81 образца сои коллекции ВИР. В соответствии с Международным классификатором СЭВ (Shchelko et al., 1990) в среднем за 3 года длительность периода «всходы – созревание» у исследуемых образцов оценивалась от “очень короткой” до “средней” (от 81 до 130 дней). Большинство образцов имели “короткий” период «всходы – цветение» (37–50 дней), и только у двух образцов он был “средней” продолжительности (52–53 дня). Поэтому полиморфизм представленного набора образцов по продолжительности вегетационного периода был обусловлен преимущественно различной длительностью периода «цветение – созревание» (от 50 до 85 дней). Отмечено влияние температуры воздуха на варьирование по годам продолжительности периодов «всходы – цветение» и «цветение – созревание».

Испытания в различных погодных условиях позволили выделить 32 образца, способных вызревать в условиях Московской области в оптимальные сроки – до конца

I декады сентября. Выделенные источники характеризовались коротким периодом «всходы – цветение» (37–48 дней) и продолжительностью периода «цветение – созревание» 50–66 дней.

References / Литература

- Bu T., Lu S., Wang K., Dong L., Li S., Xie Q. et al. A critical role of the soybean evening complex in the control of photoperiod sensitivity and adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2021;118(8):e2010241118. DOI: 10.1073/pnas.2010241118
- Еникеева Л.Н., Каразанова Л.Н. Soybean: Scientific and production directory (Soya: Nauchno-proizvodstvenny spravochnik). Moscow: RASKhN; 2000. [in Russian] (Еникеева Л.Н., Каразанова Л.Н. Соя: Научно-производственный справочник. Москва: РАСХН; 2000).
- Fedorina J.V., Khlestkina E.K., Seferova I.V., Vishnyakova M.A. Genetic mechanisms underlying the expansion of soybean *Glycine max* (L.) Merr. cultivation to the north. *Ecological Genetics*. 2022;20(1):13-30. [in Russian] (Федорина Я.В., Хлесткина Е.К., Сеферова И.В., Вишнякова М.А. Молекулярно-генетические механизмы, лежащие в основе продвижения ареала возделывания сои к северу. *Экологическая генетика*. 2022;20(1):13-30). DOI: 10.17816/ecogen83879
- Jia H., Jiang B., Wu C., Lu W., Hou W., Sun S. et al. Maturity group classification and maturity locus genotyping of early-maturing soybean varieties from high-latitude cold regions. *PLoS One*. 2014;9(4):e94139. DOI: 10.1371/journal.pone.0094139
- Kozlov K.N., Novikova L.Yu., Seferova I.V., Samsonova M.G. A mathematical model of the impact of climatic factors on soybean development. *Biophysics*. 2018;63(1):175-176. [in Russian] (Козлов К.Н., Новикова Л.Ю., Сеферова И.В., Самсонова М.Г. Математическая модель влияния климатических факторов на развитие сои. *Биофизика*. 2018;63(1):175-176). DOI: 10.1134/S0006350918010086
- Kumawat G., Yadav A., Satpute G.K., Gireesh C., Patel R., Shivakumar M. et al. Genetic relationship, population structure analysis and allelic characterization of flowering and maturity genes *E1*, *E2*, *E3* and *E4* among 90 Indian soybean landraces. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019;25(8):387-398. DOI: 10.1007/s12298-018-0615-3
- Lv T., Wang L., Zhang C., Liu S., Wang J., Lu S. et al. Identification of two quantitative genes controlling soybean flowering using bulked-segregant analysis and genetic mapping. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:987073. DOI: 10.3389/fpls.2022.987073
- Miladinović J., Čeran M., Đorđević V., Balešević-Tubić S., Petrović K., Đukić V. et al. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections. *Frontiers in Plant Science*. 2018;9:1286. DOI: 10.3389/fpls.2018.01286
- Seferova I.V. Soybean in the north-west of the Russian Federation. *Oil Crops. Scientific and Technical Bulletin of VNIIMK*. 2016;3(167):101-105. [in Russian] (Сеферова И.В. Соя в условиях северо-запада Российской Федерации. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК*. 2016;3(167):101-105).
- Seferova I.V., Novikova L.Y. Climatic factors affecting the development of early soybean accessions in the environments of the Russian Northwest. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2015;176(1):88-97. [in Russian] (Сеферова И.В., Новикова Л.Ю. Климатические факторы, влияющие на развитие скороспелых образцов

- сои в условиях Северо-Запада РФ. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2015;176(1):88-97. DOI:10.30901/2227-8834-2015-1-88-97
- Seferova I.V., Vishnyakova M.A. Soybean gene pool from VIR collection for the promotion of agronomical area of the crop to the north. *Legumes and Groat Crops*. 2018;3(27):41-47. [in Russian] (Сеферова И.В., Вишнякова М.А. Генофонд сои из коллекции ВИР для продвижения агрономического ареала культуры к северу. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018;3(27):41-47). DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11030
- Shafiguullin D.R., Romanova E.V., Gins M.S., Pronina E.P., Gins V.K. Evaluation and selection of different varieties and lines of soybean for breeding for valuable traits in the Central European part of Russia. *Vegetable Crops of Russia*. 2016;2(31):28-32. [in Russian] (Шафигуллин Д.Р., Романова Е.В., Гинс М.С., Пронина Е.П., Гинс В.К. Оценка и подбор исходного материала для селекции сои на хозяйственно ценные признаки в условиях Центрального района Европейской части России. *Овощи России*. 2016;2(31):28-32).
- Shchelko L., Sedova T., Korneychuk V., Pastucha L., Sinsky T., Hofirek P., Bares I., Sehnalova J. The international COMECON list of descriptors for the genus *Glycine* Willd. *Leninград: VIR; 1990*. [in Russian] (Щелко Л., Седова Т., Корнейчук В., Пастуха Л., Синский Т., Гофирек П., Бареш И., Сегналова Я. Международный классификатор СЭВ рода *Glycine* Willd. Ленинград: ВИР; 1990).
- Summerfield R.J., Lawn R.J., Qi A., Ellis R.H., Roberts E.H., Chay P.M., et al. Towards the reliable prediction of time to flowering in 6 annual crops. II. Soybean (*Glycine max*). *Experimental Agriculture*. 1993;29(3):253-289. DOI: 10.1017/S0014479700020858
- Vicente D., Schuster I., Lazzari F., Paranzini J.P.D., de Oliveira M.A.R., Prete C.E.C. Mapping and validation of molecular markers of genes *Dt1* and *Dt2* to determine the type of stem growth in soybean. *Acta Scientiarum: Agronomy*. 2016;38(1):61-68. DOI: 10.4025/ACTASCIAGRON.V38I1.26216
- Vishnyakova M.A., Buravtseva T.V., Bulyntsev S.V., Burylaeva M.O., Semenova E.V., Seferova I.V., Aleksandrova T.G., Yankov I.I., Egorova G.P., Gerasimova T.V., Drugova E.V. Methodological guidelines. The VIR global collection of grain legume crop genetic resources: replenishment, conservation and studying (Metodicheskiye ukazaniya. Kolleksiya mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh VIR: popolneniye, sokhraneniye i izucheniye). St. Petersburg: VIR; 2010. [in Russian] (Вишнякова М.А., Буравцева Т.В., Булынтцев С.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Сеферова И.В., Александрова Т.Г., Янков И.И., Егорова Г.П., Герасимова Т.В., Другова Е.В. Методические указания. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение. Санкт-Петербург: ВИР; 2010).
- Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Samsonova M.G. Genetic sources required for soybean breeding in the context of new biotechnologies (review). *Agricultural Biology*. 2017;52(5):905-916. [in Russian] (Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Самсонова М.Г. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(5):905-916). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.905rus
- Vlasova E.V., Gorbunova Yu.V. Comparative evaluation of seed productivity of soybean early ripening samples from VIR collection. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2017;51:129-134. [in Russian] (Власова Е.В., Горбунова Ю.В. Сравнительная оценка семенной продуктивности скороспелых образцов сои из коллекции ВИР. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017;51:129-134).
- Vlasova E.V., Gorbunova Yu.V. Estimation the early-ripening soybean varieties from VIR collection by ability to maturing in Central Russia. *Fodder Production*. 2016;(6):36-40. [in Russian] (Власова Е.В., Горбунова Ю.В. Оценка скороспелых образцов сои из коллекции ВИР по способности вызревать в средней полосе России. *Кормопроизводство*. 2016;(6):36-40).
- Weller J.L., Ortega R. Genetic control of flowering time in legumes. *Frontiers in Plant Science*. 2015;6:207. DOI: 10.3389/fpls.2015.00207
- Wilcox J.R. World distribution and trade of soybean. In: R.M. Shibles, J.E. Harper, R.F. Wilson, R.C. Shoemaker (eds). *Soybeans: Improvement, Production, and Uses. Vol. 16. Chapter 1*. 3rd ed. Madison, WI: American Society of Agronomy; 2004. p.1-14. DOI: 10.2134/agronmonogr16.3ed.c1

Информация об авторах

Елена Викторовна Власова, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, 115598 Россия, Москва, ул. Загорьевская, 4, stevlas@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3285-8186>

Юлия Владимировна Горбунова, младший научный сотрудник, Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, 115598 Россия, Москва, ул. Загорьевская, 4, u.v.gorbunova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4948-3627>

Ирина Владимировна Сеферова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, i.seferova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3308-9198>

Information about the authors

Elena V. Vlasova, Cand. Sci (Biology), Head of a Laboratory, Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, 4 Zagorevskaya St., Moscow, 115598, Russia, stevlas@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3285-8186>

Yulia V. Gorbunova, Associate Researcher, Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, 4 Zagorevskaya St., Moscow, 115598, Russia, u.v.gorbunova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4948-3627>

Irina V. Seferova, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, i.seferova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3308-9198>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.01.2023; одобрена после рецензирования 21.06.2023; принята к публикации 04.09.2023.

The article was submitted on 18.01.2023; approved after reviewing on 21.06.2023; accepted for publication on 04.09.2023.