

**ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ОБРАЗЦОВ СОИ ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА
В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНО-СТЕПНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ****PHOTOSENSITIVITY OF SOYBEAN ACCESSIONS AT DIFFERENT PLANTING DATES
UNDER THE CONDITIONS OF THE FOOTHILL-STEPPE ZONE OF THE EAST KAZAKHSTAN REGION**

Ключевые слова: соя, линия, фотопериод, срок сева, фотопериодическая чувствительность, феноспектр, бобы, семена, цветение, морфология.

В настоящее время соя одна из самых востребованных и возделываемых зернобобовых культур в мировом земледелии. Для получения большего эффекта при выращивании культуры, получения высоких урожаев высококачественного зерна необходимы отработанная агротехнология и адаптированные к условиям возделывания сорта. Соя обладает высокой чувствительностью к длине дня в течение вегетационного периода. Благодаря чему для наступления фенологических фаз культуры необходима определённая продолжительность светового дня. Такая особенность культуры даёт возможность селекционерам создавать сорта с различным периодом вегетации именно для регионов их будущего возделывания. Для создания таких сортов необходим соответствующий исходный материал. Цель исследований – выделить источники признаков пониженной фотопериодической чувствительности, пригодные для использования в селекционных программах по созданию сортов сои с пониженной чувствительностью к длине дня. Исследования проводили в 2015-2017 гг., питомники закладывали на полевом стационаре ТОО «Восточно-Казахстанского НИИ сельского хозяйства» (ТОО «ВКНИИСХ»). В период исследований проведена работа по изучению реакции линий сои на различные фотопериоды, складывающиеся при разных сроках сева. Выделены источники признаков пониженной фотопериодической чувствительности для использования в селекционных программах. Образцы сои № 371/2, 394, 379, 370, 460, СНК 294, СНК-182, СНК-285 и СНК-292 фотопериодически нейтральны. Номер 210 – фоточувствительный. Номера 371/2, 379, 370, СНК-294, СНК-292, СНК-182, СНК-285 являются перспективными источниками для ведения селекции фотопериодически нейтральных сортов, их переход в репродуктивную стадию не зависит от длины

светового дня. Образцы сочетают в себе фотонейтральность и достаточно высокую продуктивность.

Keywords: soybean, line, photoperiod, planting dates, photoperiodic sensitivity, phenological spectrum, beans, seeds, flowering, morphology.

Currently, soybean is one of the most popular and cultivated leguminous crops in the world agriculture. To obtain greater effect when growing the crops and obtain high yields of high-quality soybeans, proven agricultural technology and varieties adapted to growing conditions are required. It should be taken into account that soybean is highly sensitive to day length during the growing season. As a result, a certain length of daylight hours is required for the onset of phenological phases of the crop. This feature of the crop allows plant breeders to develop varieties with different growing seasons specifically for the regions of their future growing. To develop such varieties, appropriate source material is required. The research goal is to identify the sources of characters of reduced photoperiodic sensitivity suitable for the breeding programs to develop soybean varieties with reduced sensitivity to day length. The research was carried out from 2015 through 2017; the nurseries were established at the field station of the East Kazakhstan Research Institute of Agriculture (TOO "VKNIISKH"). The responses of soybean lines to various photoperiods that occurred at different sowing dates were studied. The sources of characters of reduced photoperiodic sensitivity for the plant breeding programs were identified. Soybean accessions 371/2, 394, 379, 370, 460, SNK-294, SNK-182, SNK-285 and SNK-292 are neutral regarding photoperiods. The accession 210 is a photosensitive one. Accessions 371/2, 379, 370, SNK-294, SNK-292, SNK-182, and SNK-285 are promising sources for breeding photoperiodically neutral varieties; their transition to the reproductive stage does not depend on day length. The accessions combine photoneutrality and fairly high productivity.

Герасимова Елена Григорьевна, ученый секретарь, ТОО «Опытное хозяйство масличных культур», Восточно-Казахстанская обл., Республика Казахстан, e-mail: gorkovaya71@mail.ru.

Дидоренко Светлана Владимировна, к.с.-х.н., профессор, ТОО «Казахский институт земледелия и растениеводства», Алматинская обл., Республика Казахстан, e-mail: svetl_did@mail.ru.

Жаркова Сталина Владимировна, д.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: stalina_zharkova@mail.ru.

Gerasimova Elena Grigorevna, Scientific Secretary, Experimental Farm of Oil-Bearing Crops, East Kazakhstan Region, Republic of Kazakhstan, e-mail: gorkovaya71@mail.ru.

Didorenko Svetlana Vladimirovna, Cand. Agr. Sci., Prof., Kazakh Institute of Agriculture and Crop Growing, Almaty Region, Republic of Kazakhstan, e-mail: svetl_did@mail.ru.

Zharkova Stalina Vladimirovna, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: stalina_zharkova@mail.ru.

Введение

Получение новых сортов сельскохозяйственных культур многие десятилетия основывалось в основном на традиционных методах селекции. Такая работа велась по многим востребованным производителями продукции направлениям: короткостебельность, устойчивость к болезням и вредителям, качество продукции, урожайность, отзывчивость к удобрениям и т.д. [1, 2]. Работа по данным направлениям востребована и эффективна. Однако развитие в современном сельскохозяйственном производстве нового направления – получение экологически чистого, безопасного для человека и окружающей среды продукта – требует новых нетрадиционных подходов к селекции новых сортов. Как одно из таких направлений многими учёными рассматривается вопрос повышения у новых сортов активности и эффективности фотосинтеза [3-5]. К сожалению, исследования и селекционную работу в данном направлении наиболее интенсивно стали проводить только в начале XXI в. И, как следствие, потенциальные возможности фотосинтеза как природного источника энергии и в настоящее время по многим культурам недостаточно изучены и слабо используются в работе селекционеров и производителей [6, 7].

В продукционном процессе любых культурных растений, в том числе и сои, фотосинтез один из основных факторов, влияющих на его эффективность. Роль фотосинтеза в жизнедеятельности растений уже многие десятилетия изучается и анализируется многими отечественными и зарубежными учёными [7-9].

На такой показатель сои, как её высокая чувствительность к смене, длительности фотопериодов в период вегетационного развития растений обращали внимание многие учёные-селекционеры. Это короткодневная культура, особенностью которой является требование к определённым условиям освещения и темноты для перехода культуры в репродукционную стадию развития. Именно фотопериодическая чувствительность сдерживает продвижение распространения сои в районы с продолжительностью длины дня более 12 ч. Для условий длинного дня пригодны образцы со слабой фотопериодической реакцией, которые в таких условиях относительно рано зацветают и образуют семена [2, 9-11]. По результатам своих исследований Л.Н. Кобызева (1990) и В.М. Степанов (1985) в качестве маркерных признаков предлагают использовать продолжительность вегетационного периода, длительность периода «всходы – цветение», в редких случаях можно применять данные по длительности цветения и высоты растений [12, 13]. По мнению данных учёных, проведение таких тестов позволит более точно определить естественную фотопериодическую реакцию

сорта на конкретную географическую широту и диапазон длины дня.

Цель исследований – дать оценку линейного материала по показателям фоточувствительности и выделить генетические источники с пониженной фоточувствительностью для их дальнейшего использования в селекционной работе при создании сортов с меньшей отзывчивостью к длине дня.

Задачи исследования:

- изучить и дать оценку линиям сои отечественной и зарубежной селекции групп 0 и 00 спелости по фенологическим и морфологическим показателям на фоне различной длины фотопериодов при разных сроках посева;

- выделить линии с пониженной фотопериодической чувствительностью с целью их дальнейшего использования в селекционной работе.

Условия, материал и методы исследований

Работа по выполнению задач исследований проведена в 2015-2017 гг. в условиях предгорно-степной зоны Восточно-Казахстанской области. Опытный участок расположен на полевом стационаре ТОО «Восточно-Казахстанского НИИ сельского хозяйства» (ТОО «ВКНИИСХ»).

Климатические условия региона исследований отличаются ярко выраженной континентальностью. Количество среднесезонных осадков – 490 мм/год, что позволяет характеризовать район как умеренно влажный [14].

Метеорологические условия вегетационного периода в 2015 г. в целом оцениваются как благоприятные для формирования урожая сои, 2016 г. – как очень благоприятный для сои по количеству осадков, засушливые условия 2017 г. – как не благоприятные.

Селекционные № 394, 371/2, 379, 460, 210 и 370 были переданы для изучения из ТОО «Казахский институт земледелия и растениеводства» (г. Алматы), № СНК-285, СНК-292, СНК-194, СНК-182 – из ГНУ СибНИИРС (г. Новосибирск).

Во время проведения исследований использовали рекомендации методических указаний: Доспехов Б.А. Методика полевого опыта [15]; Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2 // Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры [16].

Агротехнологические приёмы, используемые при проведении опытов, общепринятые в хозяйстве на данной культуре. Предшественник – яровая пшеница. Ежегодно посев семян культуры проводили в три срока: в 2015 г. – 12, 22, 28 мая; 2016 г. – 11, 19, 27 мая; 2017 г. – 18, 22, 26 мая. Для посева использовали селекционную сеялку СС-11, глубина заделки семян – 4-5 см, густота посева – 600 тыс. раст/га. Учётная площадь делянки – 10 м², в 3-кратной повторности, размещение рендомизированно, стандарт – сорт Десна.

Средние значения элементов продуктивности опытных образцов сои по предыдущим годам исследования

Образец	Высота, см		Число боковых ветвей, шт.	Число продуктив. узлов, шт.	Число бобов с растения, шт.	Масса семян, г/раст.	Масса 1000 семян, г
	растения	прикр. нижн. боба					
Десна (St)	67,4	19	3	12	31	6,0	140,1
394	58,2	11	4	13	41	8,3	124,4
371/2	77,8	11	3	22	31	4,2	148,5
379	56,3	13	2	19	18	16,0	148,0
460	60,1	14	3	18	27	4,6	128,2
210	52,0	14	1	11	28	8,1	160,3
370	59,5	14	4	16	39	8,3	120,2
СНК-285	52,8	7	1	7	15	6,5	140,8
СНК-292	59,0	16	2	16	27	8,8	128,1
СНК-294	60,2	14	3	18	27	4,4	128,9
СНК-182	59,4	14	1	10	6	10,0	160,0

Результаты исследования

В биологической характеристике сои по отношению к свету отмечается, что продолжительность светового дня 14-15 ч – это оптимальный по длительности фотопериод для данной культуры. Увеличение продолжительности данного периода способствует наращиванию растениями сои вегетативной массы. Фаза цветения наступает при сокращении светового дня. Для развития генеративных органов у растений сои световой день должен быть менее 16 ч.

В зоне проведения исследований продолжительность светового дня до середины июля равна 16 ч, затем происходит его уменьшение. Поэтому фоточувствительные сорта сои в данном регионе начинают зацветать во второй половине лета с 13-15 июля. Наши наблюдения за фазами развития сои позволили выделить фоточувствительные и фотонейтральные сорта.

В 2015 г. цветение у образца № 210 было отмечено: в первый срок посева – 04.07; во второй – 15.07; в третий – 24.07. Такой срок цветения позволил нам охарактеризовать данный образец как фоточувствительный. Вегетационный период в зависимости от срока сева составил 141, 133 и 125 сут. соответственно. Созревание у номера наступило независимо от сроков сева 30 сентября. Остальные изучаемые образцы вступили в фазу цветения в период с 23 по 29 июня – растения первого срока сева, с 23 июня по 4 июля – второго и со 2 по 7 июля – третьего срока сева. Продолжительность светового дня составляла в данный период от 16 ч 10 мин. до 16 ч 21 мин. Данные образцы характеризуются как фотонейтральные.

Созревание образцов казахстанской селекции № 371/2, 460 и 394 наблюдали независимо от срока посева 25-30 сентября, у № 379 – 12-15 сентября и у № 370 – во второй декаде сентября. Образцы, созданные российскими селекционерами: СНК-182, СНК-294, СНК-285 и СНК-292 показали себя как бо-

лее скороспелые, созревание отмечено в период с 10 по 28 августа.

В 2016 г., как и в 2015 г., образец № 210 показал себя как фоточувствительный. Цветение у данного образца при первом сроке посева наступило 13.07 при длине дня 16 ч. Продолжительность светового дня 15 ч 59 мин. в первый срок посева и 15 ч 56 мин. в третий срок посева позволила растениям зацвести, соответственно, 14.07 и 15.07. Вегетационный период данных образцов составил 117 сут. в первый срок посева и 115 сут. в последующие сроки посева.

В период проведения исследований была выявлена различная отзывчивость образцов на длину светового дня в зависимости от срока посева. Так, у образцов № 394 и СНК-294 фоточувствительность была отмечена только на третьем сроке посева, когда длина светового дня составляла 15 ч 56 мин. – 16 ч 00 мин. Продолжительность вегетационного периода у образцов на данном посеве у № 394 – 113 сут., у СНК-294 – 75 сут.

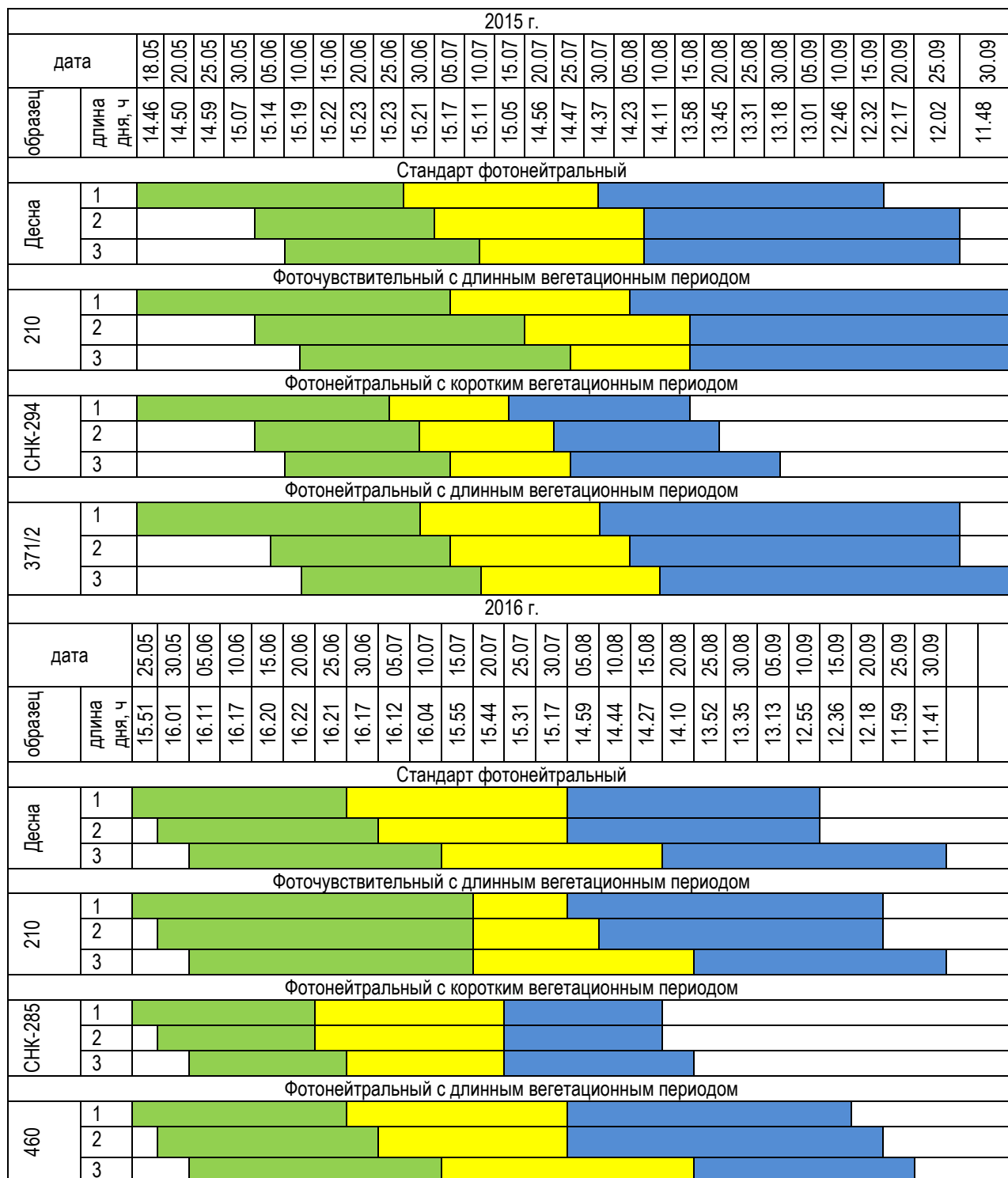
Остальные образцы в опыте по своим характеристикам фоточувствительности были отнесены к фотонейтральным. Вступление в фазу цветения у данных образцов в первый срок сева отметили 23-30.06, во второй – 25.06-14.06, в третий – 30.06-15.07, с длиной дня от 16 ч 06 мин. до 16 ч 21 мин. Образцы, созревание которых отмечено с 10.09 по 23.09, независимо от срока посева – № 371/2, 370, 379, 394, 460, получены казахстанскими селекционерами. Образцы российской селекции: СНК-182, СНК-294, СНК-285 и СНК-292 более скороспелые, отличались почти одновременным созреванием во всех сроках сева – 16-18.08.

В 2017 г. недостаток осадков в период с середины мая до начала июля и высокая температура воздуха спровоцировали быстрый переход в репродуктивную фазу. Образцы № 379, СНК-182, СНК-294, СНК-285 и СНК-292 зацвели на 10-15 сут. раньше, чем в 2015 и 2016 гг. в период с 10 по 18 июня. Остальные номера вступили в фазу цветения в пе-

риод с 21 по 25 июня. Длина дня в данный период более 16 ч. Все номера проявили себя как фотонейтральные.

Анализируя результаты фенологических наблюдений, можно сделать вывод, что в течение двух из трех лет исследований № 210 показал себя как фо-

точувствительный, у № 394 и СНК-294 фоточувствительность проявилась на делянках третьего срока сева в 2016 г. Остальные номера являются фотонейтральными. Неблагоприятные условия способствуют более быстрому прохождению фаз развития.



Примечание.

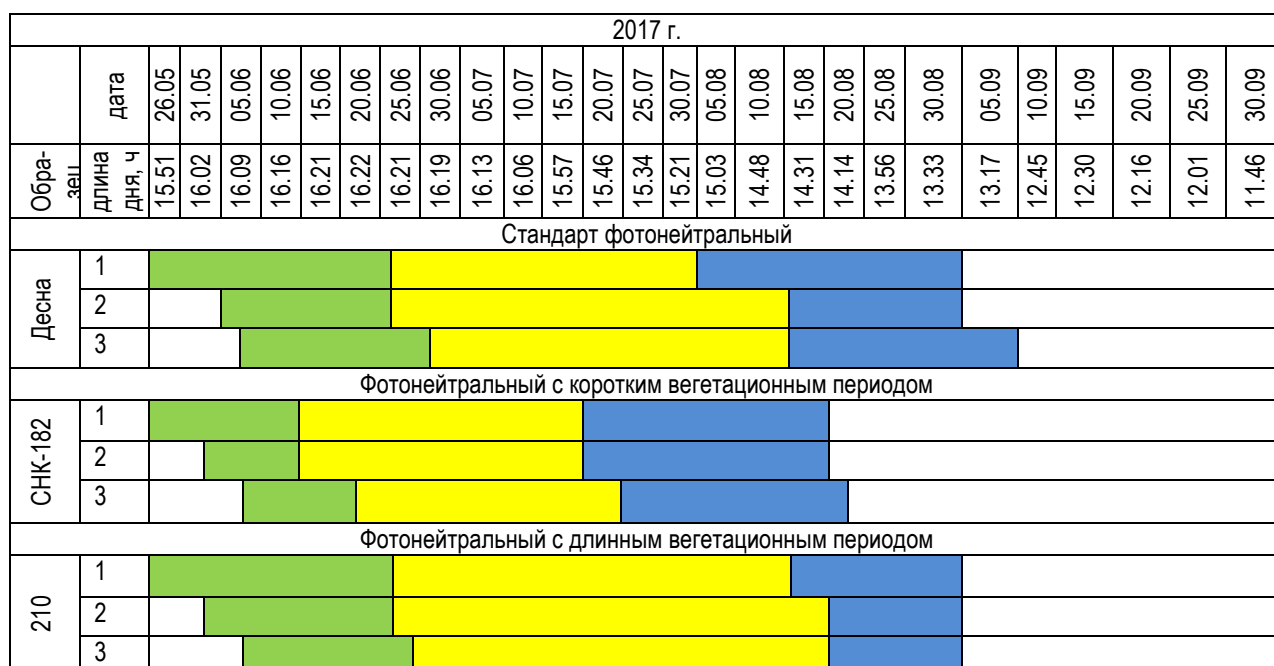


Продолжительность от всходов до цветения
 Продолжительность от цветения до налива бобов
 Продолжительность от налива бобов до созревания

Рис. 1. Продолжительности фенологических фаз в 2015 и 2016 гг.

Изучение продолжительности отдельных фаз развития сои позволило разделить изученный материал на фоточувствительный и фотонейтральный. Так, в 2015 и 2016 гг. № 210 зацвел только тогда, когда световой день стал менее 16 ч. Следовательно, он относится фотопериодически чувствительным сортам. Номера СНК-294, СНК-285, СНК-292, СНК-182 – фотонейтральные, с коротким периодом вегетации и № 371/2, 379, 371, 460, 394 – фотонейтральные с длинным периодом вегетации. На примере номеров с различной реакцией на фотопериод (№ 210, СНК-294, № 371/2, СНК-285, 460, СНК-182) нами построены феноспектры (рис. 1, 2). В 2016 г.

фоточувствительность была отмечена у образцов № 394 и СНК-294 при третьем сроке посева и длине дня, соответственно, 15 ч 56 мин. и 16 ч 00 мин. У остальных номеров зависимость наступления репродуктивной фазы от длины дня не отмечена. Следовательно, эти номера относятся к фотопериодически нейтральным. Длина вегетационного периода у фоточувствительного образца № 210 – 117 сут. Фотонейтральные образцы показали различия по продолжительности вегетационного периода. Период вегетации 75-86 сут. показали образцы: СНК-285, СНК-292, СНК-182, более продолжительный период 98-115 сут. – у 371/2, 379, 371, 460.



Примечание.

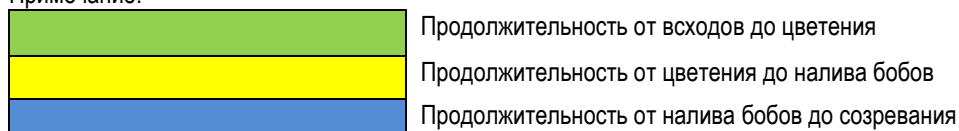


Рис. 2. Феноспектр продолжительности фенологических фаз в 2017 г.

В 2017 г. изучение продолжительности отдельных фаз развития сои показало неожиданные результаты (рис. 2). Так, образец № 210, который в предыдущие годы проявлял себя как фоточувствительный с длинным вегетационным периодом, в этом году показал себя как фотонейтральный с коротким вегетационным периодом. Номера 210, 371/2, 460, 394, 379 в 2015 и 2016 гг. имели вегетационный период на 5-10 сут. длиннее, чем у стандарта (сорт Десна). В 2017 г. вегетационный период у № 210, 371/2, 394 и 460 был равен или на 1-5 сут. короче вегетационного периода сорта-стандарта, а у № 379 и 370 – на 10-15 сут. У всех номеров выявлены признаки фотонейтральности. Это связано с неблагоприятными, засушливыми погодными условиями года, которые спровоцировали быстрое вступление растений в репродуктивную фазу.

Заключение

В результате проведенных исследований выявлена различная отзывчивость образцов сои на продолжительность светового дня при разных сроках посева. Определено, что образцы сои № 371/2, 394, 379, 370, 460, СНК-294, СНК-182, СНК-285 и СНК-292 фотопериодически нейтральны, их переход в репродуктивную стадию не зависит от длины светового дня. Образец № 210 – фоточувствительный.

За годы исследования вегетационный период образцов СНК-294, СНК-292, СНК-182, СНК-285 в среднем составил 79-89 сут., они относятся к ультраскороспелой (вегетационный период менее 80 сут.) и очень скороспелой группам (вегетационный период 82-91 сут.). Эти номера обладают пониженной фотопериодической чувствительностью, их можно использовать в селекционных программах по созданию

ультраскороспелых и очень скороспелых сортов, которые будут гарантированно вызревать в условиях Восточного и Северного Казахстана.

Номера 371/2, 394, 379, 370, 460 – фотонейтральные, с периодом вегетации от 98 до 115 дней. Их относятся к скороспелой (вегетационный период 91-110 дней) и среднескороспелой группам (вегетационный период 111-120 дней). Данные образцы можно использовать в селекционных программах по созданию сортов сои для юга Восточно-Казахстанской и Алматинской областей.

Библиографический список

1. Енкен, В. Б. Соя / В. Б. Енкен. – Москва: Гос. изд-во с.-х. лит.-ры, 1959. – 653 с. – Текст: непосредственный.

2. Коробейников, А. С. Оценка селекционного материала сои на комплексную устойчивость к фитопатогенам / А. С. Коробейников, Л. Ф. Ашмарина. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 9 (203). – С. 5-9.

3. Lawson, T., Kramer, D. M., Raines, C. A. (2012). Improving yield by exploiting mechanisms underlying natural variation of photosynthesis. *Current Opinion in Biotechnology*, 23 (2), 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.12.012>.

4. Zhu, X. G., Long, S. P., Ort, D. R. (2010). Improving photosynthetic efficiency for greater yield. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 235–261. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112206>.

5. Амелин, А. В. Видовые особенности фотосинтетической активности листьев у растений сои и гороха посевного в условиях Центрально-Черноземного района Российской Федерации / А. В. Амелин, Е. И. Чекалин, В. В. Заикин. – Текст: электронный // Агронаука. – 2023. Т. 1, № 2. – С. 71-80. – URL: <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-2-71-80> (дата обращения: 02.02.2023).

6. Мокроносов, А. Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. – Москва: Наука, 1983. – 64 с. – Текст: непосредственный.

7. Ort, D. R., Merchant, S. S., Alric, J., et al. (2015). Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112 (28), 8529–8536. <https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112>.

8. Тимирязев, К. А. Избранные сочинения Т. 1 / К. А. Тимирязев. – Москва: Государственное издание с.-х. лит.-ры, 1957. – 274 с.

9. Ничипорович, А. А. Энергетическая эффективность фотосинтеза и продуктивность растений / А. А. Ничипорович. – Пушино: НЦ БИ АН СССР, 1979. – 37 с. – Текст: непосредственный.

10. Чекалин, Е. И. Сортовой полиморфизм показателей фотосинтетической активности листьев у

растений сои и возможности его использования в селекции / Е. И. Чекалин, В. В. Заикин, А. В. Амелин. – Текст: электронный // Агронаука. – 2023. – Т. 1, № 2. – С. 61-70. – URL: <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-2-61-70>. (дата обращения: 04.10.2023).

11. Jin, J., Liu, X., Mi, L., et al. (2010). Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. *Field Crops Research*. 115. 116-123. DOI: 10.1016/j.fcr.2009.10.016.

12. Кобызева, Л. Н. Генетическая детерминация фотопериодической реакции сои / Л. Н. Кобызева. – Текст: непосредственный // Второе Всесоюзное совещание «Генетика развития». – Ташкент, 1990. – С. 76-78.

13. Степанова, В. М. Климат и сорт / В. М. Степанова. – Текст: непосредственный // Соя. – Ленинград: Гидрометиздат, 1985. – 184 с.

14. Семеноводство сельскохозяйственных культур. – Текст: непосредственный // Система ведения сельского хозяйства Восточно-Казахстанской области: рекомендации. – Усть-Каменогорск, 2004. – С. 240-274.

15. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с. – Текст: непосредственный.

16. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. – Текст: непосредственный // Зерновые, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – Москва: Колос, 1971. – 239 с.

References

1. Enken V.B. Soia / V.B. Enken. – Moskva: Gos. izd-vo s.-kh. lit.-ry, 1959. – 653 s.

2. Korobeinikov, A.S. Otsenka selektsionnogo materiala soi na kompleksnuiu ustoychivost k fitopatogenam / A.S. Korobeinikov, L.F. Ashmarina // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 9 (203). – S. 5-9.

3. Lawson, T., Kramer, D. M., Raines, C. A. (2012). Improving yield by exploiting mechanisms underlying natural variation of photosynthesis. *Current Opinion in Biotechnology*, 23 (2), 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.12.012>.

4. Zhu, X. G., Long, S. P., Ort, D. R. (2010). Improving photosynthetic efficiency for greater yield. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 235–261. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112206>.

5. Amelin A. V., Chekalin E. I., Zaikin V. V. Vidovye osobennosti fotosinteticheskoi aktivnosti listev u rastenii soi i gorokha posevnogo v usloviakh Tsentralno-Chernozemnogo raiona Rossiiskoi Federatsii // Agromauka. – 2023. – T. 1. – No. 2. – S. 71–80. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-2-71-80> (data obrashcheniia 02.02.2023).

6. Mokronosov A. T. Fotosinteticheskaia funktsiia i tselostnost rastitel'nogo organizma. – Moskva: Nauka, 1983. – 64 s.
7. Ort, D. R., Merchant, S. S., Alric, J., et al. (2015). Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112 (28), 8529–8536. <https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112>.
8. Timiriazev K. A. Izbrannye sochineniia T. 1. – Moskva: Gosudarstvennoe izdanie sel'skokhoziaistvennoi literatury, 1957. – 274 s.
9. Nichiporovich A. A. Energeticheskaia effektivnost fotosinteza i produktivnost rastenii. – Pushchino: NTs BI AN SSSR, 1979. – 37 s.
10. Chekalin E. I., Zaikin V. V., Amelin A. V. Sortovoi polimorfizm pokazatelei fotosinteticheskoi aktivnosti listev u rastenii soi i vozmozhnosti ego ispolzovaniia v selektsii // *Agronauka*. – 2023. – T. 1. – No. 2. – С. 61-70. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-2-61-70>. (data obrashcheniia 04.10.2023).
11. Jin, J., Liu, X., Mi, L., et al. (2010). Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. *Field Crops Research*. 115. 116-123. DOI: 10.1016/j.fcr.2009.10.016.
12. Kobyzeva, L. N. Geneticheskaia determinatsiia fotoperiodicheskoi reaktsii soi / L. N. Kobyzeva // 2-e Vses. soveshch. «Genetika razvitiia». – Tashkent, 1990. – S. 76-78.
13. Stepanova V.M. Klimat i sort / V.M. Stepanova // Soia. – Leningrad: Gidrometizdat, 1985. – 184 s.
14. Semenovodstvo sel'skokhoziaistvennykh kultur // Sistema vedeniia sel'skogo khoziaistva Vostochno-Kazakhstanskoi oblasti: rekomendatsii. – Ust-Kamenogorsk, 2004. – S. 240-274.
15. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniia). – Moskva: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
16. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniia sel'skokhoziaistvennykh kultur, vyp. 2 / Zernovye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kultury. – Moskva: Kolos, 1971. – 239 s.

