

ЖМУРКО В.В.✉, ХАЙДЕР НАБИЛ ХУСЕЙН АЛЬ-ХАМАДЕНИ

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,

Украина, 61022, г. Харьков, майдан Свободы, 4

✉ zhmurko@karazin.ua, (057) 707-52-32

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ФОТОПЕРИОДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЛОДОВ У СОРТОВ СОИ (*GLYCINE MAX* (L.) Merr.)

Цель. Выяснить влияние продолжительности фотопериода на динамику формирования плодов и семян у сортов сои с разной фотопериодической реакцией. **Методы.** Полевой опыт – выращивание сортов сои Аннушка, Устя, Ятрань и Хаджибей в условиях естественного длинного дня (16 час.) и искусственно сокращенного дня (9 час.). Фенологические наблюдения и морфометрические анализы. **Результаты.** Сорта Аннушка, Устя и Ятрань проявили фотопериодически нейтральную реакцию на фотопериод, а сорт Хаджибей – короткодневную реакцию. У всех сортов, независимо от фотопериодической реакции, короткий фотопериод ускорял формирование плодов и семян. В наибольшей степени это проявлялось у короткодневного сорта Хаджибей. **Выводы.** Формирование плодов и семян у сои подвержено фотопериодической регуляции, вероятно, за счет изменения интенсивности его обеспечения продуктами ассимиляции под влиянием различной продолжительности дня. **Ключевые слова:** соя, (*Glycine max* (L.) Merr.), фотопериод, темпы развития, фотопериодическая реакция, плоды, семена.

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) – одна из наиболее ценных пищевых, кормовых и технических культур. Разностороннее и чрезвычайно широкое ее использование обусловлено, прежде всего, высоким содержанием в зерне белка, масла, витаминов, микроэлементов, а также биологически активных веществ [1]. Поэтому в мире постоянно расширяются посевы этой культуры, и в 2016 году они составляли более 120 млн. га [2].

Ключевым моментом в решении проблемы расширения посевов сои, повышения урожая зерна и его качества является создание новых сортов с высоким уровнем адаптивности к факторам среды. В числе таких факторов важнейшим является фотопериод, который определяет продолжительность вегетационного периода и

связанную с ней продуктивность, качество урожая, устойчивость к абиотическим и биотическим факторам среды. Соя относится к короткодневным растениям, для которых характерно замедление развития под влиянием увеличения светового периода в суточном цикле до 14–16 часов [3]. По этой причине продвижение посевов сои в регионы с достаточно большой продолжительностью фотопериода приводит к замедлению ее перехода к цветению и увеличению продолжительности периода вегетации, что может повлечь за собой позднее созревание плодов, а значит, недобор урожая и снижение качества зерна. Это следует учитывать в связи с тем, что сейчас наметилась общемировая тенденция расширения посевов сои в более северные регионы [1], для которых характерна продолжительность светового периода в течение вегетации более 16 часов в сутки [4].

Результаты изучения влияния разной продолжительности фотопериода на темпы развития более 100 коллекционных образцов и сортов сои разного эколого-географического происхождения показали, что в коллекции выделены 4 группы образцов, у которых размах уровня реакции на фотопериод изменялся от типично нейтральной к длине дня до очень сильной – типичной короткодневной [3].

Исследование влияния искусственного короткого дня (13 час.), естественного длинного дня (17,5 час. на широте г. Минска) и непрерывного освещения на продолжительность фаз всходы-цветение, цветение-созревание и вегетационного периода сортов сои ранних сроков созревания показало, что все они, независимо от эколого-географического происхождения, практически не изменяли продолжительность фазы всходы-цветение. По изменению продолжительности фазы цветение-созревание, а также вегетационного периода в исследуемой коллекции выделены 4 группы сортов, у которых, в зависимости от продолжительности фотопериода

да, она не изменялась, уменьшалась или увеличивалась, или даже не завершалась [4].

При изучении влияния продолжительности фотопериода на рост и развитие изогенных по генам Е-серии (early maturity) линий сои сорта Clark показана зависимость этих процессов от состояния (доминантное/рецессивное) локусов этих генов – доминантное состояние (*E1E2E3*) определяет короткодневную, а рецессивное состояние (*e1e2e3*) – фотопериодически нейтральную реакцию [5].

Таким образом, изменения фотопериодических условий приводит к дифференциации сортов сои по реакции на этот фактор. Эти фенотипические эффекты свидетельствуют о возможности создания сортов, которые не реагируют или в слабой степени реагируют на изменение фотопериодических условий.

Изменение фотопериода, как показано выше, может приводить к увеличению продолжительности фазы цветение-созревание и, следовательно, продолжительности формирования плодов и семян, что может сказываться на качестве урожая. Однако вопрос о влиянии фотопериодических условий на формирование плодов и семян у сортов сои с разной фотопериодической реакцией не исследован.

Целью данной работы было изучение влияния различной продолжительности фотопериода на темпы развития и процесс формирования плодов и семян у сортов сои разных сроков созревания.

Материалы и методы

Растительный материал. В опытах использованы четыре сорта сои разных сроков созревания украинской селекции. Сорт Аннушка – раннеспелый, сорт Ятрань – среднеранний, сорт Устя – ультраранний. Все они рекомендованы для возделывания в Лесостепи Украины. Сорт Хаджибей – позднеспелый, рекомендован для выращивания в южных регионах Украины.

Условия выращивания растений. Полевые опыты проводили в течение вегетационных периодов 2015 – 2017 гг. на экспериментальном участке кафедры физиологии и биохимии растений и микроорганизмов Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина. Посев растений проводили в оптимальные сроки для восточной Лесостепи Украины – в первой-второй декаде мая на участках, площадью 1 м² в трехкратной повторности каждый вариант опыта.

После всходов и до фазы третьего настоящего листа все растения росли в условиях естественного длинного дня (около 16 часов на широте Харькова). В этой фазе половину растений каждого сорта подвергали воздействию короткого 9-часового фотопериода. Для этого растения затемняли светонепроницаемыми кабинками с 18 до 9 часов. Воздействие коротким фотопериодом продолжали в течение 14 дней, используя эффект фотопериодической индукции на развитие растений.

Фенологические наблюдения. Отмечали даты наступления цветения растений и даты созревания бобов. По ним рассчитывали продолжительность периода всходы-цветение и периода вегетации. Эти данные служила критерием оценки влияния продолжительности фотопериода на темпы развития растений.

Определение динамики формирования плодов в условиях разной длины дня проводили по накоплению ими биомассы. Пробы для анализов отбирали трижды: первую в начале формирования бобов, а последующие – еще дважды (через каждые 10 дней) в процессе формирования бобов. Бобы, одновременно отобранные на длинном и коротком дне от 10 растений с каждой повторности, фиксировали в течение 30 мин. при 120 °С в сушильном шкафу. Зафиксированный материал высушивали до постоянной массы, бобы разделяли на створки и семена, которые взвешивали.

Результаты и обсуждение

Для использованных в опыте сортов сои не была известна их фотопериодическая реакция. Результаты определения влияния продолжительности фотопериода на темпы развития исследованных сортов приведены в таблице. Они показали, что под влиянием короткого фотопериода продолжительность фазы всходы-цветение у сортов Аннушка, Устя и Ятрань не изменялась, в то время как у сорта Хаджибей она существенно сокращалась (в сравнении с продолжительностью в условиях естественного длинного дня). В условиях короткого фотопериода продолжительность вегетации у первых трех сортов также не изменялась, а у последнего – существенно (на 16 – 20 дней) сокращалась. Следовательно, сорта Аннушка, Устя и Ятрань проявили фотопериодически нейтральную, а сорт Хаджибей – типичную короткодневную реакцию.

Результаты изучения динамики формирования плодов и семян у исследованных сортов приведены на рисунках 1–4. Они показали следующую общую закономерность: у всех исследованных сортов короткий фотопериод ускорял процесс формирования плода и семени. Вместе с тем между сортами проявлялись различия по характеру протекания этих процессов.

Так, у сортов Аннушка (рис. 1) и Устя (рис. 2) процесс формирования плода и семени протекал практически одинаково как на длинном, так и на коротком фотопериоде. В условиях длинного дня уже в первый срок отбора проб боб достаточно интенсивно формировался и в последующем интенсивность процесса возрастала. Однако в условиях короткого дня интенсивность формирования боба во все сроки наблюдения была выше, чем в условиях длинного дня. Масса створок боба в первый срок отбора проб на длинном дне была несколько ниже, а в два последующие – несколько выше, чем на коротком дне. Что касается семени, то его форми-

рование у этих сортов в первый срок наблюдения начиналось только в условиях короткого дня и протекало значительно интенсивнее, чем на длинном дне в течение всего опыта.

У сорта Ятрань (рис. 3), в отличие от сортов Аннушка и Устя, процесс формирования плода и семени как на естественном, так и на коротком фотопериоде начинался позже на 10–12 дней. При этом короткий фотопериод существенно ускорял эти процессы (в сравнении с их интенсивностью в условиях естественного длинного дня).

У сорта Хаджибей (рис. 4) в условиях естественного длинного дня в течение периода наблюдений формирование боба не начиналось. Однако в условиях короткого дня этот процесс начался уже в первый срок отбора проб и протекал достаточно интенсивно в течение всего периода наблюдений. Тем не менее, формирование семени начиналось только на третий срок наблюдений.

Таблица. Влияние продолжительности фотопериода на темпы развития сортов сои, среднее за 2015–2017 гг.

Сорт	Фотопериод, часы	Всходы-цветение, дни	Вегетационный период, дни	Фотопериодическая реакция
Аннушка	16*	32 ± 2	92 ± 2	
	9	30 ± 1	89 ± 2	Нейтральная
Устя	16	30 ± 2	94 ± 2	
	9	29 ± 2	92 ± 3	Нейтральная
Ятрань	16	30 ± 2	97 ± 2	
	9	29 ± 1	95 ± 1	Нейтральная
Хаджибей	16	65 ± 3	109 ± 3	
	9	54 ± 1	93 ± 1	Короткодневная

Примечание. * – Естественный длинный день.

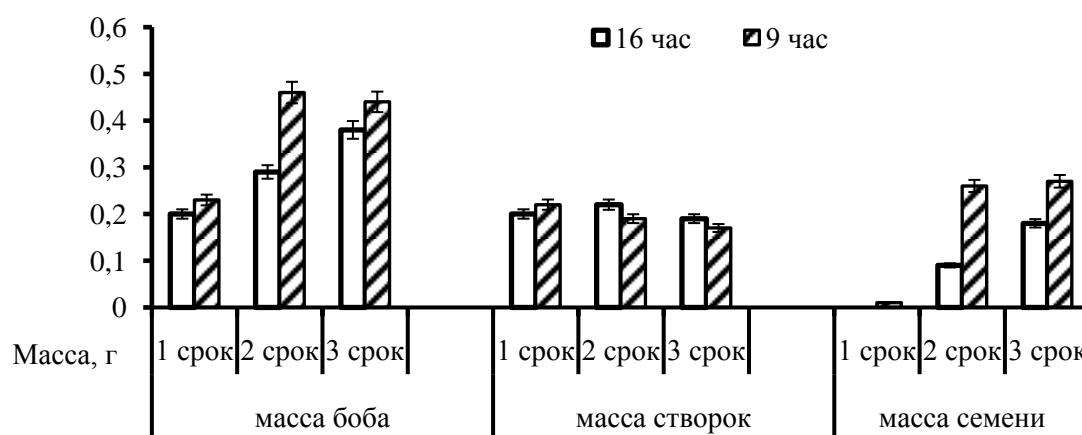


Рис. 1. Динамика накопления массы сухого вещества плодами, семенами и створками боба растений сорта сои Аннушка в условиях разного фотопериода (сроки отбора проб: 1 – 20-22.07; 2 – 01-03.08; 3 – 11-13.08).

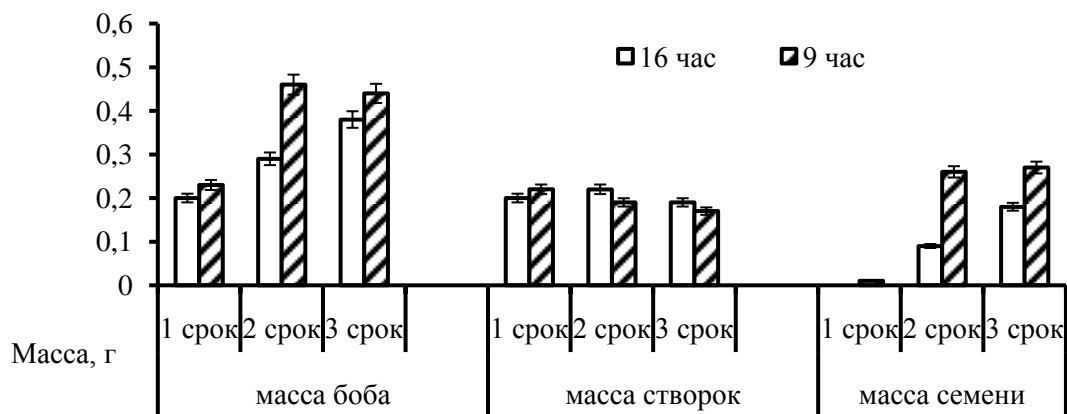


Рис. 2. Динамика накопления массы сухого вещества плодами, семенами и створками боба растений сорта сои Устя в условиях разного фотопериода (сроки отбора проб: 1 – 20-22.07; 2 – 01-03.08; 3 – 11-13.08).

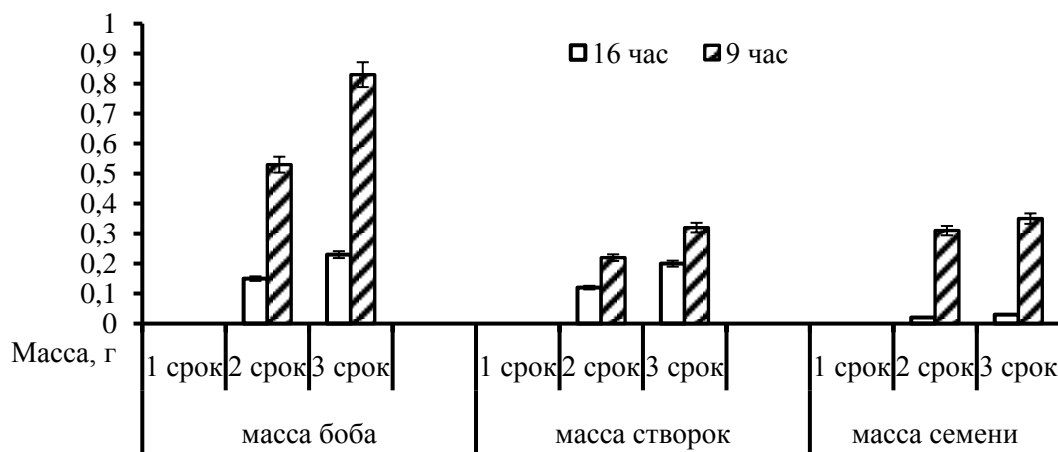


Рис. 3. Динамика накопления массы сухого вещества плодами, семенами и створками боба растений сорта сои Ятрань в условиях разного фотопериода (сроки отбора проб: 1 – 20-22.07; 2 – 01-03.08; 3 – 11-13.08).

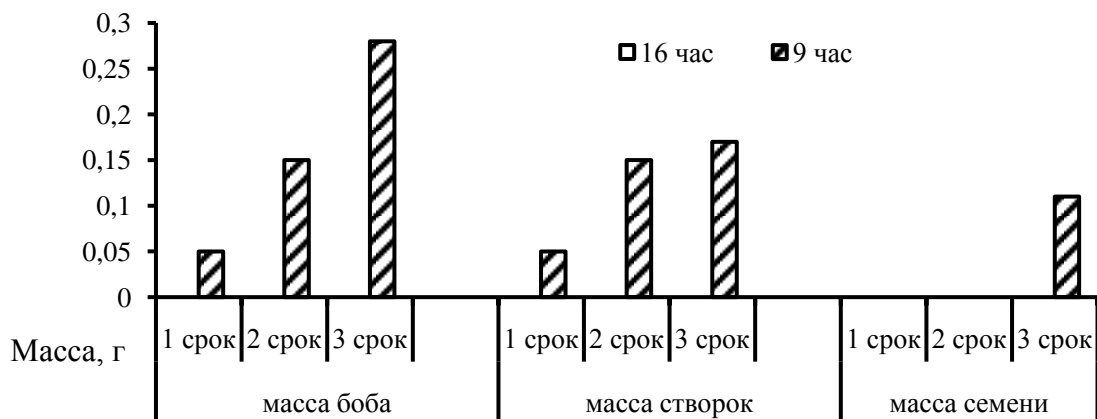


Рис. 4. Динамика накопления массы сухого вещества плодами, семенами и створками боба растений сорта сои Хаджибей в условиях разного фотопериода (сроки отбора проб: 1 – 20-22.07; 2 – 01-03.08; 3 – 11-13.08).

Выводы

Таким образом, исследованные сорта различались по интенсивности формирования плодов и семян как на длинном, так и на коротком фотопериоде. Тот факт, что у сортов Аннушка и Устя в условиях длинного и короткого дня процесс формирования плодов и семян протекал практически однотипно, вероятно, объясняется незначительными различиями между ними по скороспелости – в условиях обоих фотопериодов у них продолжительность вегетационного периода была одинаковой. Более позднее начало формирования плодов и семян у сорта Ятрань связана с тем, что этот сорт более позднеспелый, чем сорта Аннушка и Устя. Наиболее позднее начало формирования плодов и семян у сорта Хаджибей определяется тем, что этот сорт относится к группе позднеспелых, то есть, выявленные различия по исследованному процессу между этими сортами можно отнести за счет их генотипических особенностей.

Однако, независимо от этого, у всех сортов короткий фотопериод приводил к ускорению формирования плодов и семян (в сравнении с этим процессом в условиях естественного длинного дня). Это дает основание предположить, что исследованный процесс подвержен фотопериодической регуляции. По нашему мнению, она осуществляется путем изменения накопления продуктов ассимиляции в листьях и их оттока к формирующимся плодам в разных фотопериодических условиях. Показано, что у короткодневных и фотопериодически нейтральных растений короткий фотопериод усиливает накопление продуктов ассимиляции в листьях и отток их к меристемам [3]. Известно, что формирующиеся плоды и семена являются мощными центрами аттракции ассимилятов. Вероятно, именно это и является одной из главных причин более интенсивного формирования плодов и семян у исследованных сортов на коротком дне, чем на длинном.

Литература

1. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Самсонова М.Г. Требование к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий. *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 5. С. 906–916
2. WAP 09-17. September 2017. Circular Series. USDA, Foraging Agr. Servise. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> (Last accessed: August 22, 2017).
3. Жмурко В.В. Физиолого-біохімічні аспекти фотоперіодичного і яровізаційного контролю розвитку рослин: автореф. дис. ... докт. біол. наук. К., 2009. 39 с.
4. Давиденко О.Г., Жмурко В.В., Голоєнко Д.В., Розенцвейг В.Е., Шаблінська О.В. Прояв фотоперіодичної реакції у ранньостиглих сортів сої. *Селекція і насінництво*. 2004. Вип. 88. С. 151–162.
5. Жмурко В.В., Авксентьева О.О., Юхно Ю.Ю., Попова Ю.В., Самойлов А.М., Тимошенко В.Ф., Васильченко М.С., Шулік В.В., Зубрич О.І. Ефекти генів фотоперіодичної чутливості і потреби в яровізації на фізіолого-біохімічні процеси у рослин пшениці м'якої і сої культурної. *Фізіологія рослин: досягнення та нові напрямки розвитку*. К.: Логос, 2017. С. 187–196.

References

1. Vishnyakova I.V., Seferova M.G., Samsonova M.A. Genetic sources required for soybean breeding in the context of new biotechnologies (review) *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2017. Vol. 52, No. 5. P. 905–916.
2. WAP 09-17. September 2017. Circular Series. USDA, Foraging Agr. Servise. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> (Last accessed: August 22, 2017).
3. Zhmurko V.V. Physiological and biochemical aspects of photoperiodic and vernalization control of plant development rates: thesis ... doct. of scien. of boil. Kiev, 2009. 39 p.
4. Davidenko O.G., Zhmurko V.V., Goloyenko D.V., Rosenzweig V.E., Shablinskaya O.V. Manifestation of photoperiodic reaction in early maturation varieties of soybean. *Breeding and seed production*. 2004. Issue 88. P. 151–162.
5. Zhmurko V.V., Avksentyeva O., Yukhno Yu.Yu., Popova Yu.V., Samoilov A.M., Timoshenko V.F., Vasilchenko M.S., Shulik V.V., Zubrich O.I. Effects of genes of photoperiodic sensitivity and need for vernalization on physiological and biochemical processes in soft wheat and soybean plants. *Plant physiology: achievements and new directions of development*. K.: Logos, 2017. P. 187–196.

ZHMURKO V.V., HAIDER NABIL HUSSAIN AL-HAMADENI

V.N. Karazin Kharkiv National University,
Ukraine, 61022, Kharkov, Svobody sq., 4, e-mail: zhmurko@karazin.ua

INFLUENCE OF PHOTOPERIOD DURATION ON THE FORMATION OF FRUITS IN SOYBEAN VARIETIES (*GLYCINE MAX* (L.) Merr.)

Aim. The aim of the work was to elucidate the influence of photoperiod duration on the dynamics of the fruits and seeds formation in soybean varieties with different photoperiodic reactions. **Methods.** The field experiments were carried out

by cultivating soybean varieties Anushka, Ustia, Yatran and Hadzhibey under the conditions of a long natural day (16 hours) and an artificially short day (9 hours). Phenological observations and morphometric analyzes were used.

Results. The varieties Annushka, Ustya and Yatran showed a photoperiodic neutral reaction to the photoperiod and Hadzhibey – a short reaction. In all varieties, regardless of the photoperiodic reaction, a short photoperiod accelerated the formation of fruits and seeds. In the greatest degree, this was shown for the short-day variety Hadzhibey. **Conclusions.** The formation of fruits and seeds in soybean is subjected to photoperiodic regulation, probably due to the change of intensity of its supply of assimilation products under the influence of different day lengths.

Keywords: soybean, (*Glycine max* (L.) Merr.), photoperiod, rate of development, photoperiodic reaction, fruits, seeds.

ЖМУРКО В.В., ХАЙДЕР НАБІЛ ХУСЕЙН АЛЬ-ХАМАДЕНІ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,

Україна, 61022, м. Харків, площа Свободи, 4, e-mail: zhmurko@karazin.ua

ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ФОТОПЕРІОДУ НА ФОРМУВАННЯ ПЛОДІВ У СОРТІВ СОЇ (*GLYCINE MAX* (L.) Merr.)

Мета. З'ясувати вплив тривалості фотоперіоду на динаміку формування плодів і насіння у сортів сої з різною фотоперіодичною реакцією. **Методи.** Польовий дослід – вирощування сортів сої Аннушка, Устя, Ятрань та Хаджибей в умовах довгого природного дня (16 год.) і штучно скороченого дня (9 год.). Фенологічні спостереження і морфометричні аналізи. **Результати.** Сорти Аннушка, Устя та Ятрань проявили фотоперіодично нейтральну реакцію на фотоперіод, а сорт Хаджибей – короткоденну реакцію. У всіх сортів, незалежно від фотоперіодичних реакцій, короткий фотоперіод прискорював формування плодів і насіння. Найбільшою мірою це проявлялося у короткоденного сорту Хаджибей. **Висновки.** Формування плодів і насіння у сої підлягає фотоперіодичній регуляції, ймовірно, за рахунок зміни інтенсивності його забезпечення продуктами асиміляції під впливом різної тривалості дня.

Ключові слова: соя (*Glycine max* (L.) Merr.), фотоперіод, темпи розвитку, фотоперіодична реакція, плоди, насіння.