



УДК 57.084.5

DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-1-50-57

ФИЗИОЛОГИЯ ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У РАСТИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СВЕТОВОГО ПЕРИОДА

Е.Н. Зубкова, Т.А. Белова

Курский государственный университет
ул. Радищева, д. 33, г. Курск, Россия, 305000

Важнейшей характеристикой среды для растительных организмов является фотопериод — продолжительность светлого времени суток. Реакция растений на длину дня (фотопериодические условия) имеет большое значение при экологическом контроле развития, обеспечивающем необходимую пространственно-временную регуляцию физиологических процессов в растительном организме и оптимизирующем процессы фотосинтетической деятельности. *Цель:* оценка фотопериодической чувствительности образцов редиса *Raphanus sativus*, а также выявление его реакции на увеличение продолжительности светового дня в условиях Центрального Черноземья. Изменение продолжительности светового дня в значительной степени влияет на развитие растений. В условиях длинного светового дня фотопериодическая чувствительность редиса *Raphanus sativus* в Курской области проявляется в усилении роста надземной части растений и развитии генеративных органов. При выращивании редиса в Курской области в условиях искусственно укороченного светового дня растение длительно остается в вегетативном состоянии. Становится ясно, что для формирования крупных корнеплодов редиса с хорошими вкусовыми качествами необходимо его выращивание при коротком световом дне. Лучший срок посева для Центрально-Черноземной зоны — конец марта—апрель и конец июля—август, когда световой день составляет около 10 часов. При выращивании растения в период длинного светового дня посевам необходимо создавать искусственное затенение.

Ключевые слова: фотопериодизм, световой период, фотопериодическая чувствительность, *Raphanus sativus*, растение длинного дня

Введение

Среда оказывает большое влияние на непрерывно текущие во всей живой природе процессы адаптации [1; 2]. Различные аспекты этого процесса прослежены на различных живых организмах [3—5] и на человеке [6]. Было установлено, что в развитие данного процесса вносит большой вклад генетическая программа организма [7; 8], состояние его реактивности на текущий момент [9] и действующие на организм факторы среды [10]. Биологическое значение адаптации заключается в максимально полном приспособлении живого организма к имеющимся условиям существования и направлено на его выживание [11]. Это обеспечивается формированием процесса адаптации в любых условиях [12]. Данные положения вполне справедливы и для растительных организмов, произрастающих в любых климатических зонах нашей планеты [13; 14].

Важнейшей характеристикой среды для растительных организмов является фотопериод — продолжительность светлого времени суток, обусловленная вращением Земли вокруг своей оси. Он неодинаков в течение года и на разных широтах. В течение эволюции растения приспособились к жизни при чередовании определенной длительности дня и ночи. Выработанная у них способность реагировать на суточный ритм освещения (соотношение светлого и темного периодов) получила название фотопериодической реакции [15]. Проявляется она в изменении процессов роста и развития на фоне колебаний продолжительности дня и обеспечивает адаптацию процессов онтогенеза растений к сезонным особенностям климата. Установлено, что длина дня воспринимается растениями как фактор среды, стимулирующий начало перехода их к цветению или к подготовке к неблагоприятному сезону [13].

Основным пусковым фактором для развития фотопериодической реакции считается определенная продолжительность светового дня [16]. Иногда достаточно всего нескольких суток с нужным соотношением света и темноты, чтобы растение зацвело (фотопериодическая индукция) [14]. Реакция растений на длину дня (фотопериодические условия) имеет большое значение при экологическом контроле развития, обеспечивающем необходимую пространственно-временную регуляцию физиологических процессов в растительном организме и оптимизирующем процессы фотосинтетической деятельности [15].

У растений различают два вида фотопериодической реакции: короткодневную (реакция на уменьшение продолжительности светового дня) и длиннодневную (реакция на увеличение продолжительности светового дня). Ярким примером растения второго вида реакции может выступить редис — растение длинного дня. С увеличением продолжительности освещения его развитие ускоряется. Длинный (более 14 часов) световой день ведет к раннему образованию цветоносных побегов. В том случае, если растение находится на свету 10—12 часов, а остальное время суток в темноте, то стеблевание у редиса не наступает в течение нескольких месяцев. При коротком световом дне можно длительное время сохранять корнеплод в фазе технической спелости [16]. Представляется интересным выяснить, влияют ли на эти процессы климато-почвенные условия Центрального Черноземья России.

Цель настоящего исследования — оценка фотопериодической чувствительности образцов *Raphanus sativus*, а также выявление его реакции на увеличение продолжительности светового дня в условиях Центрального Черноземья.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на черноземных почвах Октябрьского района Курской области. Материалом для исследований был выбран скороспелый сорт редиса *Raphanus sativus* «Французский завтрак». Для оценки его чувствительности к фотопериоду в условиях Курской области опытный посев производили в конце июня, средняя температура дня составляла 25 °С, ночи — 19 °С, продолжительность дня — 17 часов 33 минуты. Делянки опытов трехрядные, площадью 3,6 м² каждая. Семена редиса погружали в почву на глубину 1-2 см. Расстояние между

рядками 10—12 см, расстояние в рядках 2–3 см. При контрольном посеве посев редиса производился аналогично при естественном освещении. При этом для опытной группы создавался искусственный световой день (путем укрытия непрозрачным материалом). Всходы редиса систематически поливали утром и вечером, поддерживали в рыхлом и свободном от сорняков состоянии. На 25-е сутки развития растений на 30 растениях каждой группы были проведены биометрические измерения.

Для достижения поставленной цели изучалась фотопериодическая чувствительность образцов растений редиса *Raphanus sativus* в отношении роста и развития, оценивалась интенсивность фотосинтеза в разные фазы развития [5].

Для объективного контроля качества полученных корнеплодов использовался метод органолептической оценки, который заключается в рейтинговой оценке качества образцов по некоторым ключевым органолептическим характеристикам. Качество корнеплодов устанавливали при помощи органов чувств исследователя с учетом внешнего вида, консистенции, вкуса и запаха. Оценка производилась по пятибалльной шкале. Общая оценка качества рассчитывалась как среднее арифметическое значение всех оценок [5].

Статистическая обработка результатов проведена при помощи t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе оценки развития растений выявили, что на делянках с искусственно созданным световым днем растение оставалось в вегетативном состоянии. Растения, находящиеся в естественных условиях, во всех случаях переходили к репродуктивной фазе развития.

Таблица 1

Морфометрические растений редиса
(Morphometric parameters of plants of radis)

Условия выращивания редиса	Масса растения, г	Масса корнеплода, г	D, см (диаметр)	L, см (длина)	N (число листьев)	S, см ² (площадь листа)
Короткий день	19,18 ± 0,50	10,76 ± 0,28	2,74 ± 0,15	5,85 ± 0,21	5,6 ± 0,17	18,40 ± 0,42
Длинный день	15,90 ± 0,39*	5,64 ± 0,30**	1,65 ± 0,14**	3,77 ± 0,12*	6,7 ± 0,15*	31,36 ± 0,64**

Достоверность различий: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

Длина корнеплодов редиса, произрастающих в условиях искусственно созданного светового дня, оказалось в среднем на 55,2% больше, чем у растений, находящихся при естественном световом режиме. При этом у первых диаметр корнеплодов увеличился на 66,1% (см. табл. 1). Если рассматривать площадь листовой пластинки, разница между первым и вторым образцом составляет ≈ 41 см². В первом случае масса всего растения также была выше при значительном увеличении массы корнеплода, составлявшей 52,0% от общей массы растения. Анализ растений редиса, выращенных в естественных условиях, показал, что масса корнеплодов составляет только 35,0% от массы всего растения, остальные же 65,0%

приходится на надземную часть растений, где по сравнению с образцами первой группы наблюдалось увеличение площади листовой пластинки и количества листьев на растении. Редис относят к растениям длинного дня, поэтому чем длиннее световой день, тем сильнее растение стремится образовать цветоносы и семена; корнеплод в этом случае выполняет лишь роль проводника питательных веществ в листья, стебли и в семена. При коротком световом дне розетка листьев остается небольшой, цветоноса нет и корнеплоды формируются быстро.

При оценке показателей интенсивности фотосинтеза было выявлено, что у растений, оставшихся в вегетативном состоянии, интенсивность данного процесса составляет 0,121 мг/см²/час. В фазу цветения растений редиса в тот же временной период интенсивность фотосинтеза достигает наибольших значений — 0,152 мг/см²/час. Это происходит за счет усиления ростовых процессов, повышения облиственности, что приводит к активизации фотосинтетической деятельности.

В ходе органолептической оценки образцов редиса удалось выяснить, что партия образцов, произрастающих при искусственно сокращенном световом дне, имела более высокий средний балл по всем показателям (табл. 2).

Таблица 2

**Органолептическая оценка образцов редиса
(Organoleptic evaluation of samples of radish)**

Органолептический показатель	Средний балл	
	выращивание редиса при коротком дне	выращивание редиса при длинном дне
Внешний вид	2,6	4,3
Состояние мякоти корнеплода	3,0	4,5
Запах	4,5	4,6
Вкус	1,5	4,6

Обобщая полученные данные, можно сказать, что живые организмы чутко реагируют на все воздействия внешней среды процессами адаптации своей жизнедеятельности [17]. Это особенно ярко проявляется у растительных организмов при изменении состава почвы [18; 19] и динамике климатических условий [3]. При этом полученные в работе данные согласуются с данными литературы [20; 21], что указывает на отсутствие особенностей физиологических реакций растений на длительность светового дня даже в условиях тучных почв Центрального Черноземья.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно говорить, что при выращивании редиса в эколого-географических условиях Курской области выявляются закономерные реакции растений на изменение светового периода, отражающиеся на развитии их корнеплодов.

Заключение

Изменение продолжительности светового дня в значительной степени влияет на развитие растений. В условиях длинного светового дня фотопериодическая чувствительность редиса *Raphanus sativus* в Курской области проявляется в усилении роста надземной части растений и развитии генеративных органов. При

выращивании редиса в Курской области в условиях искусственно укороченного светового дня растение длительно остается в вегетативном состоянии. Для формирования крупных корнеплодов редиса с хорошими вкусовыми качествами необходимо его выращивание при коротком световом дне. Лучший срок посева для Центрально-Черноземной зоны — конец марта—апрель и конец июля—август, когда световой день составляет около 10 часов. При выращивании растения в период длинного светового дня посевам необходимо создавать искусственное затенение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Баврина Т.В.* Фотопериодизм и изменения пигментов в листьях растений: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 1965.
- [2] *Кутафина Н.В.* Клеточное деление в норме и патологии // Материалы Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы современной науки и образования». Курск, 2015. С. 44—49.
- [3] *Александрова М.С., Булыгин Н. Е., Ворошилов В.Н., Фролова Л.А.* Фенологические наблюдения в ботанических садах // Бюллетень Главного ботанического сада. 1979. Вып. 113. С. 114.
- [4] *Максимов В.И., Медведев И.Н.* Основы физиологии. Санкт-Петербург: Лань, 2013.
- [5] *Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М.* Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1975.
- [6] *Медведев И.Н., Наумов М.М., Беспарточный Б.Д.* Медицинская экология региона КМА // Курский край: социальная экология. М., 2004. Т. 4.
- [7] *Амелина И.В., Медведев И.Н.* Проявления транскрипционной активности ядрышкообразующих районов хромосом в Курском регионе // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2009. Т. 147. № 6. С. 671—673.
- [8] *Медведев И.Н., Амелина И.В.* Уровень хромосомных aberrаций и активность ядрышкообразующих районов хромосом в Курском регионе // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 2. С. 70—76.
- [9] *Амелина И.В., Медведев И.Н.* Активные ядрышкообразующие районы хромосом и белковый синтез // Фундаментальные исследования. 2007. № 1. С. 32.
- [10] *Завалишина С.Ю.* Физиология возбудимых тканей. Курск: РГСУ, 2012. 85 с.
- [11] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В.* Физиологическая регуляция организма. СПб.: Лань, 2016.
- [12] *Медведев И.Н., Беспарточный Б.Д., Наумов М.М., Язева Г.Г.* Агроэкология региона КМА // Курский край: социальная экология. М., 2004. Т. 3.
- [13] *Головко Т.К., Табаленкова Г.Н., Дымова О.В.* Пигментный комплекс растений Приполярного Урала // Ботанический журнал. 2007. Т. 92. С. 1732—1741.
- [14] *Попова И.А., Маслова Т.Г., Попова О.Ф.* Особенности пигментного аппарата растений различных ботанико-географических зон // Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и дыхания растений / под ред. Семихатовой О.А. Ленинград: Наука, 1989. С. 115—139.
- [15] *Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К.* Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. 2013. № 6. С. 856—864.
- [16] *Родников Н.П., Смирнов Н.А., Пантिलеев Я.Х.* Овощеводство. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1984.
- [17] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Кутафина Н.В.* Физиология висцеральных систем // Успехи современного естествознания. 2014. № 10. С. 87—88.

- [18] Жукова Л.А., Глаголева Т.И. Особенности концентрационной зависимости устойчивых комплексов кадмия от природных факторов в серых лесных почвах Курской области // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Региональные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса»*. Курск, 2007. С. 57—58.
- [19] Глаголева Т.И. Влияние ионов CD в серых лесных почвах на экологическое равновесие агробиоценоза // *Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса»*. Курск, 2008. С. 111—113.
- [20] Кошкин В.А. Фотопериодическая чувствительность и ее значение для селекции зерновых культур на скороспелость // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009. Т. 165. С. 21—24.
- [21] Тертышная Ю.В., Левина Н.С. Влияние спектрального состава света на развитие сельскохозяйственных культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. № 5. С. 24—29.

© Зубкова Е.Н., Белова Т.А. 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 4 декабря 2016

Дата принятия к печати: 20 декабря 2016

Для цитирования:

Зубкова Е.Н., Белова Т.А. Физиология фотопериодической чувствительности у растительных организмов при различной продолжительности светового периода // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2017. Т. 25. № 1. С. 50—57.

Сведения об авторах:

Зубкова Евгения Николаевна, бакалавр, кафедра общей биологии и экологии Курского государственного университета. *Контактная информация*: e-mail: ilmedv1@yandex.ru

Белова Татьяна Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры общей биологии и экологии Курского государственного университета. *Контактная информация*: e-mail: ilmedv1@yandex.ru

THE PHYSIOLOGY OF PHOTOPERIODIC SENSITIVITY AMONG PLANT SPECIES WITH DIFFERENT LIGHT PERIOD

E.N. Zubkova, T.A. Belova

Kursk State University, Kursk, Russia
Radishcheva str., 33, Kursk, Russia, 305000

The most important characteristic of the environment for vegetable organisms is the photoperiod — duration of daylight. Plant Responses to the day length (photoperiod conditions) is of great importance in the development of environmental monitoring, providing the necessary spatial and temporal regulation of physiological processes in plants and optimizing the processes of photosynthetic activity. Objective: To estimate the photoperiodic sensitivity of samples of *Raphanus sativus*, and to identify his reaction to the increase in the length of daylight hours in conditions of Central Black Earth region. Change the duration of daylight is largely affects the development of plants. In terms of the long light

day photoperiodic sensitivity radish *Raphanus sativus* in the Kursk region is manifested in the increased growth of above-ground parts of plants and development of the generative organs. When growing radishes in the Kursk region in the conditions of artificially shortened daylight hours the plant for a long time remained in a vegetative state. It is clear that the formation of the major root crops of radish with good taste must be his growing under short photoperiod. The best planting time for the Central Black Earth zone — the end of March-April and the end of July-August, when the daylight hours of about 10 hours. When growing plants during the long daylight crops is necessary to create an artificial shading.

Keywords: photoperiodism, the light period, photoperiodic sensitivity, *raphanus sativus*, a plant of long day

REFERENCES

- [1] Bavrina T.V. *Fotoperiodizm i izmenenija pigmentov v list'jah rastenij*. Avtoreferat diss. ... kand. biol. nauk. Institut fiziologii rastenij im. K.A. Timirjazeva Akademii nauk SSSR. Moscow, 1965.
- [2] Kutafina N.V. *Kletocnoe delenie v norme i patologii // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Teoreticheskie i prikladnye problem sovremennoj nauki i obrazovanija»*. Kursk, 2015: 44—49.
- [3] Aleksandrova M.S., Bulygin N.E., Voroshilov V.N., Frolova L.A. Fenologicheskie nabljudenija v botanicheskikh sadah. *Bjulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*. 1979. 113.
- [4] Maksimov V.I., Medvedev I.N. *Osnovy fiziologii*. Sankt-Peterburg: «Lan'». 2013.
- [5] Gavrilenko V.F., Ladygina M.E., Handobina L.M. *Bol'shoj praktikum po fiziologii rastenij*. Moscow: Vysshaja shkola, 1975.
- [6] Medvedev I.N., Naumov M.M., Bespartochnyj B.D. Medicinskaja jekologija regiona KMA. Tom 4 *Pjtitomnogo izdaniya «Kurskij kraj: social'naja jekologija»*. Moscow, 2004. 4.
- [7] Amelina I.V., Medvedev I.N. Projavlenija transkripcionnoj aktivnosti jadrishkoobrazujushhih rajonov hromosom v Kurskom regione. *Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny*. 2009. 147 (6): 671—673.
- [8] Medvedev I.N., Amelina I.V. Uroven' hromosomnyh aberracij i aktivnost' jadrishkoobrazujushhih rajonov hromosom v Kurskom regione [The level of chromosomal aberrations and activity of nucleolar organizer regions of chromosomes in the Kursk region] // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Ecology and Life Safety. VestnikRUDN]. 2009. 2: 70—76.
- [9] Amelina I.V., Medvedev I.N. Aktivnye jadrishkoobrazujushhie rajony hromosom i belkovyj sintez [Active nucleolar organizer regions of chromosomes and protein synthesis]. *Fundamental'nye issledovanija*. 2007. 1: 32.
- [10] Zavalishina S.Yu. *Fiziologija vozbudimyhtkaney* [Physiology of excitable tissues]. Kursk, 2012.
- [11] Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu., Kutafina N.V. *Fiziologicheskaja reguljacija organizma* [The physiological regulation of the body]. Sankt-Peterburg: «Lan'», 2016.
- [12] Medvedev I.N., Bespartochnyj B.D., Naumov M.M., Jazeva G.G. Agrojekologija regiona KMA [Agroecology in the region of the Kursk magnetic anomaly]. T. 3 *Pjtitomnogo izdaniya «kurskij kraj: social'najajekologija»*. Moscow, 2004. 3.
- [13] Golovko T.K., Tabalenkova G.N., Dymova O.V. Pigmentnyj kompleks rastenij Pripoljarnogo Urala [Large workshop on plant physiology] *Botanicheskij zhurnal*. 2007. 92: 1732—1741.
- [14] Popova I.A., Maslova T.G., Popova O.F. Osobennosti pigmentnogo apparata rastenij razlichnyh botaniko-geograficheskikh zon [Features of pigment apparatus of plants from different Botanical-geographical areas] *Jekologo-fiziologicheskije issledovanija fotosinteza i dyhanija rastenij / Pod red. Semihatovoj O.A.* Leningrad: Nauka, 1989: 115—139.
- [15] Ivanov L.A., Ivanova L.A., Ronzhina D.A., Judina P.K. Izmenenie soderzhanija hlorofillov i karotinoidov v list'jah stepnyh rastenij vdol' shirotnogo gradienta na Juzhnom Urale [A change in the content of chlorophylls and carotenoids in the leaves of steppe plants along the latitudinal gradient in the southern Urals] *Fiziologija rastenij*. 2013. 6: 856—864.

- [16] Rodnikov N.P., Smirnov N.A., Pantileev Ja.H. *Ovoshhevodstvo* [Olericulture]. 4-e izd., pererab. idop. Moscow: Kolos, 1984.
- [17] Medvedev I.N., Zavalishina S.Yu., Kutafina N.V. Fiziologija visceral'nyh sistem [Physiology of the Visceral Systems]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2014.10: 87–88.
- [18] Zhukova L.A., Glagoleva T.I. Osobennosti koncentracionnoj zavisimosti ustojchivyh kompleksov kadmija ot prirodnyh faktorov v seryh lesnyh pochvah Kurskoj oblasti [Features of concentration dependence of stable complexes of cadmium from natural factors in the gray forest soils of Kursk region]. *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Regional'nye problemy povyshenija jeffektivnosti agropromyshlennogo kompleksa»*. Kursk, 2007: 57–58.
- [19] Glagoleva T.I. Vlijanie ionov CD v seryh lesnyh pochvah na jekologicheskoe ravnovesie agrobiocenoza [Influence CD ions in gray forest soils in the ecological balance agrobiocenosis]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'nye problemy povyshenija jeffektivnosti agropromyshlennogo kompleksa»*. Kursk, 2008: 111–113.
- [20] Koshkin V.A. Fotoperiodicheskaja chuvstvitel'nost' i ee znachenie dlja selekcii zernovyh kul'tur na skorospelost' [Photoperiodic sensitivity and its importance for breeding crops for earliness]. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. 2009. 165: 21–24.
- [21] Tertyshnaja Ju.V., Levina N.S. Vlijanie spektral'nogo sostava sveta na razvitie sel'skohozjajstvennyh kul'tur [Effect of the spectral composition of light on the development of agricultural crops] *Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii*. 2016. 5: 24–29.

Article history:

Received: 4 December 2016

Revised: 20 December 2016

Accepted: 10 January 2016

For citation:

Zubkova E.N., Belova T.A. (2017) The physiology of photoperiodic sensitivity among plant species with different light period. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 25 (1), 50–57.

Bio Note:

Zubkova E.N., Bachelor, Department of General Biology and Ecology of the Kursk State University. *Contact information:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru

Belova T.A., PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of General Biology and Ecology of the Kursk State University. *Contact information:* e-mail: ilmedv1@yandex.ru