

УДК 581.1.035.2:635.261.022

ФОТОПЕРИОДИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ У СОРТООБРАЗЦОВ ЛУКА РЕПЧАТОГО РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Е.Е. КРАСТИНА, И.Г. ТАРАКАНОВ, Б. БАЛЛО

(Лаборатория физиологии растений)

Изучалась фотопериодическая реакция лука репчатого у 6 сортобразцов, относящихся к среднерусскому, японскому, индийскому и среднеазиатскому экотипам. У всех объектов длинный день вызывал формирование луковицы, но у низкоширотных экотипов по сравнению со среднеширотными индукция этого процесса начиналась в более раннем возрасте, была меньше критическая длина дня, ниже порог чувствительности к сумеречному свету или имитирующему его дополнительному освещению. Подтверждена обратимость фотопериодической индукции образования луковицы в условиях короткого дня, причем у низкоширотных экотипов она не зависела от степени вызревания луковицы. Обнаружена способность растений индийского сорта стрелковаться и зацветать в первый год жизни при отсутствии условий для формирования покоящейся луковицы и без воздействия пониженной температуры.

Приспособительный характер фотопериодической реакции (ФР) проявляется отчетливо при определении ее зависимости от географического происхождения сортобразца (экотипа). Как правило, фотопериодическая чувствительность длиннодневных видов выше у эко-

типов из более высоких широт, а короткодневных видов — у экотипов из более низких широт [3, 5, 8, 14, 16, 19]. При ослаблении фотопериодической чувствительности в процессе естественного или искусственного отбора возможно расширение ареала длиннодневных видов в

сторону более низких широт, а короткодневных — в сторону более высоких широт. В связи с этим для селекции представляет интерес характеристика ФР сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, о чем свидетельствует включение этого признака в каталоги соответствующих коллекций растительного материала [2].

Зависимость ФР от географического происхождения экотипа обнаружена при изучении многих процессов, регулируемых длиной дня: цветения, созревания древесины, покоя почек, листопада и т.п. [4]. Но в отношении формирования запасных органов она слабо изучена. То же можно сказать и о фотопериодической регуляции формирования луковицы у лука репчатого (*Allium cepa* L.).

Ареал лука репчатого весьма широк — он включает умеренные и низкие широты. Соответственно велико и разнообразие его экотипов по фотопериодической реакции. Большой интерес представляет двойственный характер последней: образование луковицы индуцируется длинным днем, а переход к цветению — коротким [6, 13]. Такой дуализм дал основание некоторым авторам отнести лук репчатый к длиннодневным растениям по индукции формирования луковицы [7, 17]. Однако согласно принятой в физиологии растений терминологии фотопериодические группы называются по длине дня, ускоряющей онтогенетическое развитие [11], и поскольку формирование покоящейся луковицы лука репчатого задерживает его, этот вид следует считать короткодневным, а не длиннодневным. Кстати, в энтомологии

виды насекомых, впадающих в диапаузу под влиянием длинного дня, относят к числу короткодневных [1]. Сходство фотопериодической регуляции растений и животных на этапе восприятия фотопериодического сигнала определяет необходимость использования одинаковой терминологии при классификации видов по характеру ФР.

Уточнение терминологии важно для интерпретации данных по ФР разных экотипов лука репчатого. Если этот вид относится к короткодневным растениям, то согласно отмеченной выше закономерности у низкоширотных экотипов следует ожидать большую фотопериодическую чувствительность, чем у среднеширотных. Некоторые подтверждения этого предположения имеются в литературе. Формирование луковицы у низкоширотных экотипов индуцируется при меньшей длине дня, чем у экотипов из средних широт [10, 12]. Вместе с тем среди низкоширотных экотипов обнаружено сильное варьирование по продолжительности ювенильного и индуктивного периода, что свидетельствует о сложной зависимости между фотопериодической чувствительностью и географическим происхождением сортообразца [9]. Это определяет необходимость и актуальность дальнейшего изучения особенностей ФР разных экотипов лука репчатого.

Видимо, перспективным для характеристики ФР разных экотипов является учет фотопериодической светочувствительности растений, которая оценивается порогом облучения, воспринимаемого еще как свет на границе дня и ночи. Варьирование величины этого порога у

различных видов вызвало необходимость методической разработки вопросов измерения растениями так называемого биологически эффективного фотопериода [15]. Ранее при определении фотопериодической светочувствительности у огурца и горчицы сарептской нами было показано, что, несмотря на их принадлежность соответственно к короткодневной и длиннодневной группам, более северные экотипы по сравнению с более южными имеют повышенный порог облучения, воспринимаемого как свет [8].

Целью нашей работы было уточнение представлений о связи географического происхождения сорта (гибрида) лука репчатого с фотопериодической чувствительностью растений, а также установление морфологических показателей, наиболее полно отражающих индукцию формирования луковицы как органа запаса и покоя.

Методика

В качестве объектов изучения использованы сортообразцы, являю-

щиеся типичными представителями основных эколого - географических групп лука репчатого по характеру фотопериодической индукции формирования луковицы (табл. 1). Они были предложены в качестве сортов - классификаторов после испытания коллекционного материала этого вида [9]. Поскольку испытание проводилось в полевых условиях при естественной и сокращаемой путем укрытия растений длине дня, полученные результаты можно считать предварительными. Для получения более точной характеристики ФР сортов - классификаторов был поставлен опыт (*условно первый*) в контролируемых условиях фитотрона лаборатории физиологии растений Тимирязевской академии. Растения выращивали в песчаной культуре на питательной смеси Кнопа. Сосуды размещали в камерах с контролируемой температурой (22—23 °°С днем и 18—19 °°С ночью) и разными фотопериодами (Ф) — 12, 14, 16 и 18 ч. Источником света служили лампы ДРИ - 2000 - 6, дающие освещенность 17 — 18 клк на

Таблица 1

Название и географическое происхождение использованных сортообразцов лука репчатого

№	Название	Географическое происхождение, регион культивирования
1	Гибрид F ₁ Express Yellow	Япония, тропическая зона
2	Гибрид F ₁ Keep Well	Япония, тропическая зона
3	Пешпазак	Средняя Азия, низкоширотный сорт
4	Real Bellary	Индия, сорт возделывается в регионе 10° с.ш.
5	Стригуновский	Россия, среднеширотный сорт
6	86-1	Отбор из Стригуновского в ТСХА на основе различий в чувствительности к фотопериоду

Примечание. С целью сокращения текста далее вместо названий будут использоваться указанные здесь номера.

уровне растений. Кроме того, было еще 6 вариантов со сменой Ф. В трех из них растения переводили с Ф 12 на Ф 18 ч через 30, 44 и 58 дней после всходов для определения конца ювенильного периода, когда растения начинают реагировать на длину Ф. В остальных трех вариантах осуществляли противоположную смену длины Ф — с 18 на 12 ч в те же сроки, чтобы проследить возможность снятия длинноподневной индукции у разных экотипов лука репчатого в зависимости от степени вызревания луковицы.

Второй опыт был проведен в теплице Овощной опытной станции Тимирязевской академии в осеннее время, когда естественная длина дня снижалась с 13,5 до 7,5 ч. В нем определяли порог облученности, воспринимаемой растениями как свет, при увеличении продолжительности естественного дня слабым светом от ламп накаливания с 16 до 01 ч ежедневно. Сосуды с почвенной культурой лука размещали на разном расстоянии от ламп, в результате чего интенсивность дополнительного света (ИДС) варьировала от 20 до 1600 лк.

Третий опыт проводился на полевом участке Овощной опытной станции. Рассадку, выращенную в теплице в течение месяца при коротком дне (12 ч), высаживали в грунт в I декаде июня. Рядки с растениями имели приспособления для укрытия черным материалом в определенные часы суток (фотопарники). В контроле (короткий день) растения получали свет с 8 до 20 ч, т.е. были лишены утренних и вечерних сумерек (вариант КД). В опытном варианте растения после укорене-

ния рассады получали вечерние сумерки в течение 3 нед, а затем их возвращали на КД. Цель опыта — сравнить чувствительность к сумеречному свету разных экотипов лука репчатого.

Основными показателями, характеризующими реакцию растений на фотопериодические условия, были: прекращение роста и полегание листьев, диаметр луковицы и формирование в ней закрытых чешуй, отношение диаметра луковицы к диаметру шейки, называемое показателем формирования луковицы (ПФЛ). Обычно считают, что формирование луковицы начинается, когда ПФЛ достигает 2 [18].

Полученные данные подвергали статистической обработке, в таблицах указаны средние арифметические и их стандартные ошибки.

Результаты

В первом опыте оптимальной для формирования луковицы у всех сортов образцов была длина Ф 18 ч. Однако у низкоширотных экотипов этот процесс шел быстрее, чем у среднеширотных. Так, у первых значения ПФЛ достигли 2,6—3,4 уже через 1 мес после всходов, тогда как у вторых — только через 1,5—2,0 мес (табл. 2). Исключением являлся индийский сорт (№ 4), у которого значения ПФЛ через 1 мес от всходов оказались ниже указанных, а через 1,5 мес — более высокими, чем у растений остальных низкоширотных экотипов.

При фотопериоде 16 ч у низкоширотных сортов образцов значения ПФЛ достигали 2,8—3,0 через 1,5—2,0 мес, т.е. с задержкой на 2 нед у сортов образцов № 2 и 3 и на месяц — у № 1. В этом варианте у

ПФЛ у сортообразцов лука репчатого

День от всходов	Длина фотопериода, ч			
	12	14	16	18
Express Yellow (№ 1)				
30	-	2,0±0,0	2,0±0,3	2,6±0,1
44	1,5±0,2	1,9±0,1	2,0±0,0	4,8±2,7
59	1,8±0,2	1,9±0,1	2,8±0,2	5,7±1,4
73	2,7±0,1	3,0±0,2	3,8±0,2	11,3±1,3
Keep Well (№ 2)				
30	1,3±0,0	1,5±0,2	1,6±0,1	3,3±0,4
44	2,4±0,2	2,6±0,1	3,4±0,2	6,4±0,6
86	2,3±0,1	3,3±0,1	3,0±0,2	9,8±1,1
Пешпазак (№ 3)				
30	1,5±0,0	1,6±0,2	1,8±0,2	3,4±0,5
44	2,2±0,3	2,6±0,2	3,0±0,4	6,7±0,8
86	2,5±0,1	3,0±0,1	4,2±0,6	7,5±1,2
Real Bellary (№ 4)				
31	1,2±0,0	1,3±0,0	1,3±0,0	1,7±0,2
45	1,4±0,1	1,8±0,2	3,6±0,5	5,4±0,5
87	2,0±0,1	3,0±0,4	3,5±0,3	8,7±1,1
Стригуновский (№ 5)				
30	1,1±0,1	1,2±0,2	1,1±0,1	1,5±0,2
44	1,3±0,1	1,8±0,1	2,0±0,2	2,6±0,5
58	1,4±0,1	1,7±0,0	1,7±0,0	3,2±0,2
86	1,5±0,1	2,1±0,1	2,7±0,2	5,8±1,7
100	1,8±0,1	2,2±0,1	3,0±0,4	6,3±2,5
86-1 (№ 6)				
30	1,0±0,0	1,1±0,1	1,1±0,1	1,8±0,2
44	1,6±0,1	2,2±0,1	2,3±0,2	2,8±0,2
58	1,6±0,1	1,7±0,1	2,0±0,2	3,7±0,6
86	2,2±0,1	2,5±0,0	2,6±0,2	4,8±0,4
100	2,2±0,2	2,8±0,2	3,1±0,4	5,1±0,6

среднеширотных экотипов (№ 5 и 6) значения ПФЛ 2,6—3,1 отмечены только через 3,0—3,5 мес от всходов, т.е. на 6 нед позже, чем при оптимальном Ф 18 ч. Следовательно, различия в скорости формирования луковицы между низко- и среднеширотными экотипами лука были сильнее выражены при Ф 16 ч, чем при Ф 18 ч.

Относительно короткие фотопериоды 12 и 14 ч не способствовали формированию луковицы у всех изу-

чаемых сортообразцов, поэтому различия между указанными выше группами опять уменьшались по сравнению с вариантом Ф 16 ч. Отсюда следует, что последний можно считать анализирующим фоном для проявления различий в ФР у лука репчатого при имеющемся в фитотроне качестве искусственного света.

Полегание листьев, характерное для перехода растений к покою, начиналось при Ф 18 ч у низкоши-

ротных экотипов через 1,5—2,0 мес, а у среднеширотных — через 2,5—3,5 мес; полное полегание листьев (у 100 % растений) отмечено только у первых. При Ф 16 ч оно совсем отсутствовало у среднеширотных экотипов и было неполным у низкоширотных. При Ф 12 и 14 ч у всех сортообразцов до конца опыта (130—166 дней) в луковиче не формировались закрытые чешуи. Увеличение значений ПФЛ до 2 и более было связано с образованием многочисленных зеленых листьев, основание которых утолщалось через 2—3 мес от всходов (табл. 3).

Наиболее интересным является

тот факт, что образование в луковичах закрытых чешуй при Ф 16 ч имело место только у низкоширотных экотипов (№ 2 и 3), хотя и с большой задержкой по сравнению с вариантом Ф 18 ч — спустя 1—1,5 мес (табл. 3). Следовательно, в условиях нашего опыта критическая длина дня в отношении формирования покоящейся луковичи у этих сортообразцов была меньше, чем у среднеширотных.

У индийского сорта (№ 4) при всех фотопериодах, кроме самого длинного 18 ч, растения формировали не покоящуюся луковичу, а генеративные органы, причем без обычно-

Т а б л и ц а 3

**Количество сохранившихся зеленых листьев и закрытых чешуй
у лука репчатого**

День от всходов	Зеленые листья, шт. при Ф, ч				Закрытые чешуи, шт. при Ф, ч	
	12	14	16	18	16	18
Express Yellow (№ 1)						
59	4,2±0,2	4,2±0,2	4,2±0,2	4,0±1,2	0	3,7±0,3
93	6,0±0,0	6,0±0,0	7,0±0,0	1,7±0,7	0	6,7±0,3
121	4,5±0,2	4,8±0,5	3,0±0,0	Убраны	0	Убраны
Keep Well (№ 2)						
86	3,8±0,2	3,8±0,2	4,0±0,4	1,0±0,0	0	5,0±0,0
100	4,0±0,0	3,5±0,3	1,5±0,5	Убраны	0	Убраны
117	6,0±0,6	6,0±0,4	4,8±1,1	»	2,5±1,2	»
Пешпазак (№ 3)						
86	4,8±0,2	3,8±0,2	3,5±0,5	1,2±0,5	0	4,5±0,9
100	4,2±0,2	3,5±0,3	2,5±0,3	Убраны	0	Убраны
130	5,5±0,3	4,2±0,8	3,0±0,6	»	2,0±0,8	»
Real Bellary (№ 4)						
118	7,7±0,7	11,0±2,0	10,5±1,5	3,0±1,3	0	7,0±0,4
Стрелков.	Стрелков. и ветвл.					
Стригуновский (№ 5)						
86	5,0±0,4	5,0±0,6	6,2±0,5	2,7±0,7	0	0
100	5,2±0,2	4,8±0,2	6,5±0,3	2,3±1,3	0	0
135	7,0±0,7	8,0±0,5	9,2±0,5	1,7±0,7	0	6,0±3,1
86	4,5±0,3	4,0±0,0	4,5±0,3	2,8±1,0	0	0
100	4,5±0,3	4,0±0,4	3,5±0,3	3,0±0,4	0	0
125	7,5±0,6	8,0±0,5	6,5±0,3	6,2±1,2	0	3,0±2,1
166	5,5±0,6	5,2±0,2	6,0±0,4	2,2±1,1	0	8,0±0,4

го для лука репчатого воздействия пониженной температурой. Это явление представляет большой интерес для теории онтогенеза, поэтому остановимся на результатах нашего опыта подробно.

В вариантах с постоянной длиной фотопериода наиболее благоприятными для стрелкования растений сорта № 4 были Ф 14 и Ф 16 ч (табл.

4). Можно предположить, что некоторое уменьшение процента стрелкующихся растений в варианте Ф 12 ч было связано с недостатком ассимилятов. При Ф 18 ч (самом длинном в опыте) растения образовывали покоящуюся луковичу, что задерживало онтогенетическое развитие и переход к образованию генеративных органов. В вариантах со

Т а б л и ц а 4

Стрелкование лука репчатого на 155-й день от всходов

Длина фотопериода и срок ее смены	Стрелкующиеся растения, %	Высота стрелки, см
Постоянная длина фотопериода		
12 ч	75	26,5
14 ч	100	15,5
16 ч	100	16,3
18 ч	0	-
Смена Ф 12 ч на Ф 18 ч		
Через 30 дней	0	-
» 44 дня	0	-
» 58 дней	100*	70,5
Смена Ф 18 ч на Ф 12 ч		
Через 30 дней	100	9,5
» 44 дня	100	35,5
» 58 дней	100	42,5

*50 % растений этого варианта цвели через 130 дней от всходов; в других вариантах цветения не было до конца опыта (166 дней).

сменой длины фотопериода стрелкование растений сорта № 4 наблюдалось в тех случаях, когда растения переводили с длинного дня на короткий задолго до формирования закрытых чешуй и полегания листьев, т.е. когда индукция перехода к покою была еще слабой. При обратной смене фотопериода — с 12 на 18 ч — способность к стрелкованию зависела от возраста растений во время этой смены. Молодые растения (30—44 дня) после перевода на длинный день формировали покоящуюся луковичу и не стрелковались.

Но более взрослые растения (58 дней) успели завершить индукцию цветения на коротком дне, поэтому после перевода на длинный день наиболее быстро формировали стрелки и зацветали (к 130-му дню цвело 50 % растений этого варианта). Следовательно, индукция цветения на коротком дне (12 ч) у сорта № 4 осуществлялась в интервале между 1,5 и 2,0 мес от всходов.

Отсутствие потребности в холодной обработке для перехода к цветению делает указанный сорт (и сходные с ним экотипы) перспек-

тивным объектом для изучения короткодневной индукции цветения в первый год жизни растений.

Индийский сорт отличался от всех остальных опытных сортообразцов и усиленным ветвлением растений, переведенных с длинного на короткий день через 30—58 дней, а также растущих при постоянной длине фотопериода 14 или 16 ч (табл. 3). Это определило резкое увеличение числа зеленых листьев у растений. У других изучаемых сортообразцов перевод с длинного дня на короткий вызывал так называемое вторичное отрастание листьев. Данное явление отмечалось ранее другими исследователями [6, 20], поэтому мы остановимся на нем с целью сравнения вторичного отрастания у разных сортообразцов и у растений с

разной степенью длиннопериодной индукции формирования луковицы.

У низкоширотных сортообразцов № 2 и 3 усиливалось образование новых листьев даже после 2-месячного пребывания на Φ 18 ч, когда у 30—50 % растений наблюдалось уже полегание листьев (табл. 5). Более того, их покоящиеся луковицы, оставленные в сосудах, при смене длинного дня на короткий через 86 дней от всходов образовали зеленые листья соответственно через 17 и 27 дней. У сортообразцов из средних широт после 30—44 дней пребывания на длинном дне еще не тормозилось листообразование, поэтому их перевод на короткий день не вносил существенных изменений в данный процесс. Но при смене длины дня через 58 дней тоже отмеча-

Т а б л и ц а 5

Количество зеленых листьев у растений при разных сроках смены длинного фотопериода на короткий

Дни от всходов	Число длинных фотопериодов перед сменой их на короткие			
	0 (контроль)	30	44	58
Keep Well (№ 2)				
58	4,0±0,0	2,5±0,3	1,8±0,2	1,3±0,2
72	5,0±0,0	4,5±0,3*	3,0±0,7*	1,5±0,3
118	6,0±0,6	6,0±0,9*	6,0±0,0*	5,0±0,7*
Пешпазак (№ 3)				
58	5,0±0,0	2,5±0,3	2,0±0,0	1,7±0,2
72	4,0±0,0	3,8±0,5*	2,5±0,6*	2,0±0,0*
119	6,8±0,9	6,0±0,0*	5,5±0,3*	5,2±0,8*
Real Bellary (№ 4)				
59	4,5±0,3	5,2±0,2	2,0±0,6	1,8±0,2
87	5,2±0,5	5,5±0,9	4,5±0,5*	4,0±0,4*
101	6,2±0,5	6,8±1,0*	6,8±0,2*	6,0±0,7*
86-1 (№ 6)				
58	4,8±0,2	4,5±0,9	4,0±1,2	3,0±0,7
86	4,5±0,3	4,5±0,5	4,2±0,6*	3,5±1,0*
114	7,0±0,4	7,0±0,4	6,5±0,3*	6,8±0,2*

*Вторичное отрастание листьев.

лось усиление листообразования.

Активизация образования новых листьев после смены длинного дня на короткий способствует снижению значений ПФЛ за счет увеличения диаметра шейки. Когда отращивание осуществляется вследствие превращения закрытых чешуй в трубчатые зеленые листья, несколько уменьшается и диаметр самой луковичы.

Возобновление листообразования после длиннодневной индукции образования луковичы говорит об обратимости такой индукции под влиянием короткого дня. В этом отношении индукция формирования запасного вегетативного органа — луковичы — отличается

от индукции образования генеративных органов. Хотя и в последнем случае у некоторых видов растений известно явление израстания соцветий в условиях неблагоприятной длины дня.

Теперь остановимся на результатах, полученных при обратной смене длины фотопериода — с Ф 12 ч на Ф 18 ч. Формирование луковичы задерживалось у всех сортообразцов тем сильнее, чем позже начиналось воздействие длинного дня. Но и при самом раннем сроке смены длины Ф (30 дней) задержка проявлялась, особенно у низкоширотных сортообразцов (табл. 6); следовательно, ювенильный период у изученных экотипов имеет продолжи-

Т а б л и ц а 6

Изменение ПФЛ в зависимости от срока смены короткого фотопериода на длинный

Дни от всходов	Число коротких фотопериодов перед сменой их на длинные			
	0 (контроль)	30	44	58
Keep Well (№ 2)				
58	7,2±0,5	2,1±0,1	1,9±0,1	-
72	6,3±0,7	4,1±0,3	3,6±0,1	2,8±0,1
86	9,8±1,1	7,3±1,1	4,8±0,2	3,3±0,2
Пешпазак (№ 3)				
58	6,8±0,6	3,8±0,8	2,2±0,1	-
72	7,2±0,5	4,2±0,4	4,6±0,3	3,0±0,2
86	7,5±1,2	5,4±0,4	5,1±0,3	4,0±0,1
Real Bellary (№ 4)				
59	5,0±0,6	4,4±0,5	1,6±0,2	-
73	6,6±1,5	4,8±0,5	4,0±0,1	2,5±0,1
87	8,7±1,1	5,6±0,6	4,8±0,2	3,0±0,2
Стригуновский (№ 5)				
58	3,2±0,3	1,7±0,2	1,6±0,1	-
72	6,3±2,2	3,2±0,4	2,6±0,2	2,4±0,1
86	5,8±1,7	3,7±0,3	3,3±0,3	3,4±0,2
86-1 (№ 6)				
58	3,7±0,6	1,6±0,1	1,6±0,1	-
72	4,9±1,2	3,5±0,4	3,1±0,2	2,6±0,3
86	4,8±0,4	3,7±0,6	3,4±0,2	2,5±0,1

**Реакция лука репчатого на
интенсивность дополнительного
света (ИДС), включаемого в конце
основного короткого фотопериода**

ИДС, лк	№ сортаобразца					
	1	2	3	4	5	6
Растения с закрытыми чешуями в луковице, %						
700	100	100	100	100	100	80
450	100	100	100	100	100	80
300	100	100	83	50	100	33
150	100	75	88	50	0	0
80	33	25	67	33	0	0
40	50	50	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
Растения с полегшими листьями, %						
700	50	100	100	40	100	40
450	66	75	75	100	0	20
300	33	80	83	0	0	17
150	0	25	38	25	0	0
80	0	0	17	33	0	0
20	0	0	0	0	0	0

тельность менее 30 дней. У индийского сорта (№ 4) реакция на задержку длиннодневной индукции была примерно такой же, как и у среднеширотных экотипов. Видимо, у него и у последних продолжительность ювенильного периода больше, чем у низкоширотных экотипов.

Задержка начала длиннодневной индукции, усиливая рост листьев, положительно сказывается на конечных размерах луковицы. Это особенно четко проявляется при определении ее сухой массы. Например, значение этого показателя у сортаобразца № 2 было на 51—78 %, № 3 — на 52—87, № 5 — на 46—70 % выше, чем у длиннодневного контроля, при выращивании растений в первые 30—44 дня в условиях короткого фотопериода.

Таким образом, проведенный в фитотроне опыт показал, что низкоширотные экотипы лука репчатого обладают более высокой фотопериодической чувствительностью по сравнению со среднеширотными. Первые формируют покоящуюся луковицу при более коротком фотопериоде (16 ч против 18 ч в условиях нашего эксперимента) и при меньшей продолжительности длиннодневной индукции. В следующих опытах обнаружилась также их более высокая светочувствительность на границе дня и ночи.

В опыте с варьированием интенсивности дополнительного света различия между низкоширотными и среднеширотными экотипами лука репчатого проявились через 10 нед. Луковицы не образовывали закрытых чешуй при интенсивности дополнительного света 20 лк у сортаобразцов № 1 и 2, 40 лк — у № 3 и 4 и 150 лк — у сортаобразцов № 5

и 6 (табл. 7). Сходные результаты получены и при определении значений ПФЛ. Следовательно, порог фотопериодической светочувствительности ниже у южных экотипов, т.е. светочувствительность их выше, чем у среднерусских экотипов.

Результаты полевого опыта подтвердили более высокую светочувствительность низкоширотных экотипов (№ 1—3) по сравнению со среднеширотными (№ 5 и 6). Индийский сорт (№ 4) по реакции на сумеречный свет был ближе ко вторым, чем к первым (табл. 8). Видимо, экспозиция сумеречного света (3 нед) была недостаточной для индукции образования луковицы у этого сорта, как и у среднерусских сортаобразцов. Кроме того, последние из-за более высокого порога све-

Формирование луковицы у разных экотипов в полевом опыте

№ сортообразца	Показатель формирования луковицы		Число закрытых чешуй в луковице (в скобках - % растений с ними)	
	контроль	опыт	контроль	опыт
1	1,7±0,0	4,1±0,4	0	3,5±0,3 (100)
2	1,4±0,0	2,4±0,7	0	3,3±0,7 (60)
3	1,4±0,2	2,5±0,3	0	2,4±0,2 (100)
4	1,4±0,1	1,6±0,3	0	0
5	1,3±0,1	1,2±0,0	0	0
6	1,2±0,0	1,3±0,1	0	0

точувствительности фактически получали более короткий биологически эффективный фотопериод, чем низкоширотные сортообразцы.

Обсуждение результатов

В проведенных опытах с луком репчатый подтвердилась закономерность, наблюдаемая у других видов растений, а именно: экотипы из низких широт по сравнению со среднеширотными имеют большую чувствительность к увеличению длины фотопериода в области ее средних значений и к сумеречному свету. Это отражает экологические условия, в которых формировались изученные нами экотипы лука репчатого.

При использовании метода ступенчатых переносов растений с длинного дня на короткий показана обратимость фотопериодической индукции формирования луковицы у всех экотипов и независимо от степени вызревания луковицы. Следовательно, задержка онтогенетического развития под влиянием фотопериодической индукции на этапах формирования вегетативных органов легко снимается в неиндуктивных условиях, что отличает ее от фотопериодической индукции цветения.

У низкоширотных экотипов вы-

явилась разнокачественность в экологической регуляции цветения. Индийский сорт Real Bellary, возделываемый в регионе 10° с.ш., отличался от японских и среднеазиатского образца лука репчатого не только более длинным ювенильным периодом, но и способностью переходить к цветению без воздействия пониженной температурой, если фотопериодические условия неблагоприятны для быстрого формирования луковицы. Это отражает приспособленность индийского сорта к условиям муссонного климата. Благодаря длинному ювенильному периоду задерживается индукция цветения, стрелкование не наступает в сухой сезон «раби», приходящийся на зимние месяцы. Однако при сверхдлинном для этого экотипа фотопериоде (18 ч) наблюдалось его сходство по морфогенетической реакции с другими экотипами — индукция формирования луковицы.

Возможность перехода растений лука репчатого к цветению без этапа формирования запасного органа и без воздействия пониженной температурой представляет теоретический интерес. Проблема эта нуждается в дальнейших исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Заславский В.А.* Фотопериодический и температурный контроль развития насекомых.— М.: Наука, 1984.— 2. *Иванова О.А., Мережко В.Е., Костина Е.Д., Кузнецова О.И.* Каталог мировой коллекции ВИР. Вып. 558. Овес (характеристика образцов по фотопериодической реакции). Л.: ВАСХНИЛ, 1990.— 3. *Крастина Е.Е.* Фотопериодическая реакция растений яровой твердой пшеницы при выращивании их в условиях искусственного освещения.— С.-х. биол., 1984, № 5, с. 67—71.— 4. *Мошков Б.С.* Фотопериодизм растений. М.—Л.: Сельхозгиз, 1961.— 5. *Разумов В.И.* Среда и развитие растений.— М.—Л.: Сельхозгиз, 1961.— 6. *Реймерс Ф.Э.* Физиология роста и развития репчатого лука. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1959.— 7. *Тараканов Г.И., Фаустова И.М., Бэднаж Ф.С.* Формирование листьев и лукович у представителей разных экотипов репчатого лука в условиях Подмосквья.— Изв. ТСХА, 1985, вып. 5, с. 130—138.— 8. *Тараканов И.Г., Крастина Е.Е.* Особенности фотопериодической реакции разных экотипов огурца и горчицы сарептской.— Изв. ТСХА, 1982, вып. 3, с. 17—23.— 9. *Тараканов И.Г., Мамаду С.* Изу-

чение фотопериодической реакции лука репчатого в связи с задачами селекции.— Тез. докл. на 2-м съезде ВОФР. М., 1990, с. 89.— 10. *Тараканов И.Г., Сарати С., Соколова Н.П.* Особенности роста и развития лука репчатого с разной фотопериодической чувствительностью.— Изв. ТСХА, 1988, вып. 1, с. 108—113.— 11. *Чайлахян М.Х., Аксенова Н.П., Кефели В.И.* О терминологии онтогенеза растений.— М.: Наука, 1973.— 12. *Austin R.V.* — J. Hort. Sci., 1972, vol. 47, № 4, p. 493—504.— 13. *Brewster J.L.* Horticultural Abstracts, 1977, vol. 47, № 1, p. 17—23.— 14. *Cumming B.G.* — Plant Physiol., 1961, vol. 36, Supplement.— 15. *Kishida Y.* — Jap. Agr. Res. Quart., 1989, vol. 22, № 4, p. 247—252.— 16. *MacKenzie D.R., Ho L., Liu T.D.* et al. — Hort Sci., 1975, vol. 10, № 5, p. 486—487.— 17. *Magruder R., Allard H.A.* — J. Agr. Res., 1937, vol. 54, p. 719—752.— 18. *Mann L.K.* — Hilgardia, 1951, vol. 27, № 15, p. 385—419.— 19. *McMillan C.* — Can. J. Bot., 1974, vol. 52, № 8, p. 1779—1791. 20. *So-beih W. Y.* — J. Hort. Sci., 1988, vol. 63, № 1, p. 789—822.

Статья поступила 2 февраля
1994 г.

SUMMARY

Photoperiodic response of 6 onion ecotypes (*Allium cepa* L.) from low and middle latitudes was compared. The plants were grown: in phytotron with constant length of photoperiod (12, 14, 16 and 18 h) or with replacement of short photoperiod by a long one and vice versa (12 and 18 h); in a greenhouse with short natural photoperiod which was extended by additional light of different intensity (20-1600 lux); under field conditions with short photoperiod (12 h) which was extended by twilight (monitoring-without twilight light). In all ecotypes long photoperiod caused formation of a bulb, but this photoperiodic induction was

reversible in short photoperiod. Sensitivity to the length of photoperiod, to additional light of low intensity and to twilight was higher in ecotypes from low latitudes (Japan, India, Middle Asia) than in those of Middle Russia. Under photoperiodic conditions unfavourable for bulb formation plants of Indian variety Real Bellary formed generative organs in the first year of life without the vernalization.