

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ
В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ ФРЕЕЗИИ КАК
ПОКАЗАТЕЛЬ ПРИ РАННЕМ ОТБОРЕ УСТОЙЧИВЫХ ГЕНОТИПОВ**

В.С. МОХНО, О.И. ПАЩЕНКО

Регион Черноморского побережья Краснодарского края — один из немногих в России и на постсоветском пространстве, где возможно выращивание фреезии без огромных энергозатрат. Так, в г. Сочи в осенне-зимне-весенний период при неблагоприятных погодных условиях для этого используют необогреваемые стеклянные теплицы. Следовательно, актуальной задачей остается получение форм, устойчивых к перезимовке. Эффективность работы фотосинтетического аппарата может дать четкое представление об адаптивном потенциале растения, который складывается из адаптационных возможностей отдельных органов. Нами исследовано функциональное состояние фотосинтетического аппарата листьев у разных генотипов фреезии (сорт Георгий Победоносец, Голубой Жемчуг, Иней, Вега, Элизабет, Голд Ривер, Габриэль, гибриды И-108-1, К-86-4, Л-10-3, П-28-1, П-30-1, Н-10-14, П-34-1, Р-28-3, С-24-1) по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла в динамике развития растений. Оценивался стационарный уровень флуоресценции (F_T), уровень жизнеспособности (F_m/F_T), показатель фотосинтетической активности по алгоритму экстраполяции ($K_f T$), показатель фотосинтетической активности, рассчитанный в каждый текущий момент измерений ($K_f n$). Выявлены отечественные сорта и гибриды фреезии, достаточно устойчивые и хорошо приспособленные к перезимовке в теплице с нерегулируемыми условиями, — Голубой Жемчуг, Элизабет (триплоид), И-108-1, К-86-4, Л-10-3, П-28-1, П-30-1, П-34-1.

Ключевые слова: фреезия, гибриды, сорта, адаптивность, листья, фотосинтез, флуоресценция хлорофилла, показатели активности.

Если у диких видов адаптивность — это способность к выживанию и воспроизведению, то у культурных растений она характеризует возможность обеспечивать стабильную и высокую урожайность в изменяющейся среде. Проблему взаимодействия растения и среды можно считать центральной в сельскохозяйственной науке, поскольку многократно доказано, что жизнеспособность и продуктивность растений в значительной степени зависят от условий выращивания (1). С биологических позиций для растения наиболее важны, с одной стороны, продолжительность и тип абиотического воздействия, с другой — механизмы регуляции гомеостаза в изменяющихся условиях среды (1).

Фреезия — культура закрытого грунта, обычно в осенне-зимне-весенний период возделывается в условиях теплиц с обогревом для поддержания оптимального температурного режима (в зависимости от стадии развития растений от 8-10 до 18-20 °C). Регион Черноморского побережья Краснодарского края — один из немногих в России и на постсоветском пространстве, где возможно выращивание фреезии без огромных энергозатрат. В условиях г. Сочи работа проводится с вегетирующими растениями фреезии в условиях необогреваемой стеклянной теплицы. Зимой и даже ранней весной температура воздуха в ней в отдельные дни может составлять от 0 до -5 °C, во второй половине апреля—мае — подниматься до 25-30 °C. Экстремальные погодные условия с конца декабря по февраль негативно влияют на обменные реакции, окислительно-восстановительный баланс в клетках растений сдвигается в сторону окисления.

В связи с этим при выведении новых сортов фреезии (наряду с подбором лучших комбинаций скрещиваний) особую значимость приобретают методы раннего отбора устойчивых перспективных сеянцев. Применение такого подхода позволяет выявлять ценные формы уже на 2-3-м го-

ду жизни сеянцев.

Для осуществления большого числа сравнительных измерений, касающихся оценки функционального состояния растений, которые необходимо провести в ограниченное время, в России разработаны оптические методы экспресс-диагностики. Они прошли испытание в ряде научных центров — в Рейнском университете (Германия), во Всероссийском НИИ генетики и селекции плодовых растений и Всероссийском НИИ садоводства (г. Мичуринск), Всероссийском НИИ цветоводства и субтропических культур и показали свою пригодность для решения широкого круга научных и практических задач.

Так, метод флуоресценции хлорофилла благодаря высокой информативности и универсальности, высокой скорости анализа, отсутствию трудоемких операций служит важным диагностическим показателем и успешно используется для оценки жизнеспособности и комплексной устойчивости растений к различным стресс-факторам (2-8), обнаружения форм, устойчивых к грибным и вирусным болезням (9, 10).

Наша цель заключалась в выявлении оптимальных показателей фотосинтетической активности в листьях фреезии в зависимости от генотипических особенностей фотосинтетического аппарата (ФСА) у исследуемых сортов и гибридных форм и температуры окружающей среды (холода и жары).

Методика. Исследования проводили в 2012-2013 годах на сортах фреезии Георгий Победоносец, Голубой Жемчуг, Иней, Вега, Элизабет, зарубежных сортах Голд Ривер, Габриэль, а также гибридах И-108-1, К-86-4, Л-10-3, П-28-1, П-30-1, Н-10-14, П-34-1, Р-28-3, С-24-1, выращиваемых в необогреваемой стеклянной теплице. Оценку функционального состояния на ранних этапах развития растений по параметрам медленной индукции флуоресценции хлорофилла выполняли на приборе LPT-3C (Россия) в соответствии с методикой разработчиков (11). Измерения осуществляли после перезимовки вегетирующих растений в середине II декады февраля, затем в начале цветения растений во II декаде марта и в период массового цветения — в I декаде апреля. С помощью компьютеризированной модели прибора в автоматическом режиме учитывали следующие основные показатели: F_T (стационарный уровень флуоресценции), F_m/F_T (уровень жизнеспособности), K_f_T (фотосинтетическая активность по алгоритму экстраполяции), K_f_n (фотосинтетическая активность, рассчитанная в каждый момент измерений).

Результаты. Анализ показал, что лучшую фотосинтетическую активность листьев (K_f_T) после перезимовки и в период до полного формирования цветочного колоса имели сорта Голубой Жемчуг, Элизабет, а также гибриды К-86-4, П-28-1, Л-10-3, И-108-1, П-30-1 и П-34-1. У сортов голландской селекции Габриэль, Голд Ривер и старых отечественных генотипов Георгий Победоносец, Вега, Иней и гибридов Н-10-14, Р-28-3 и С-24-1 фотосинтетическая активность в этот период была значительно снижена (табл.).

Оценка функционального состояния фотосинтетического аппарата листьев по показателям, характеризующим медленную индукцию флуоресценции хлорофилла, у вегетирующих растений изучаемых сортов и гибридов фреезии (г. Сочи, среднее за 2012-2013 годы)

Сорт, гибрид	Середина II декады февраля			II декада марта			I декада апреля		
	F T	F _m /F T	K _f T	F T	F _m /F T	K _f T	F T	F _m /F T	K _f T
Георгий Победоносец	74,340	2,212	0,523	61,808	3,010	0,604	64,648	2,192	0,577
Голубой Жемчуг	56,968	3,093	0,664	40,380	4,034	0,746	63,482	2,448	0,587

	Продолжение таблицы								
Иней	69,159	2,474	0,548	41,068	3,722	0,730	55,470	2,754	0,628
Вега	90,298	2,026	0,488	44,626	3,220	0,716	54,070	3,000	0,664
Элизабет	57,212	2,724	0,608	53,488	2,990	0,683	51,594	3,300	0,693
Голд Ривер	74,676	2,302	0,544	59,532	2,590	0,646	53,663	2,862	0,626
Габриэль	65,218	2,455	0,585	61,530	2,862	0,623	66,744	2,453	0,586
И-108-1	62,502	2,564	0,600	60,711	2,970	0,627	53,482	3,001	0,660
К-86-4	57,774	2,924	0,614	52,208	3,180	0,678	64,909	2,561	0,598
Л-10-3	57,968	3,086	0,638	66,187	2,588	0,614	58,721	2,665	0,642
П-28-1	52,203	3,328	0,675	49,266	3,664	0,715	66,957	2,712	0,618
П-30-1	58,686	2,743	0,628	50,840	3,548	0,699	84,432	2,126	0,532
Н-10-14	78,552	2,190	0,528	93,522	2,678	0,622	66,478	2,334	0,571
П-34-1	55,588	2,836	0,641	45,706	3,364	0,696	53,488	3,216	0,701
Р-28-3	72,696	2,274	0,547	58,884	2,904	0,648	59,670	2,956	0,657
С-24-1	70,384	2,170	0,536	48,486	3,264	0,689	56,585	3,310	0,693

П р и м е ч а н и е. F_T, Fm/F_T и Kf_T — соответственно стационарный уровень флуоресценции, уровень жизнеспособности, показатель фотосинтетической активности по алгоритму экстраполяции и показатель фотосинтетической активности, рассчитанный в каждый текущий момент измерений.

В дальнейшем условия возделывания и климатические факторы зоны влажных субтропиков способствовали в целом выравниванию показателей фотосинтетической активности листьев практически у всех изучаемых культиваров, показатели Kf_T составили не менее 0,604-0,623; самые высокие (0,678-0,746) регистрировали у отечественных сортов Голубой Жемчуг, Элизабет и практически у всех гибридов. Особенно четко проявилась способность некоторых форм обеспечивать более полную реализацию генетического потенциала (это характерно для сортов Вега, Иней, гибрида С-24-1, которые сразу после перезимовки были значительно слабее).

Таким образом, в процессе роста и развития растений фотосинтетическая функция листьев непрерывно модифицируется и корректируется, обусловливая связь продуктивности и жизнеспособности растений с интенсивностью фотосинтеза в листьях.

Особенно значительные различия по фотосинтетической активности листьев проявились в зависимости от онтогенетического состояния растений. При прекращении ростовых процессов содержание пигментов в листьях остается некоторое время постоянным, а затем при старении снижается (12). У фреезии это очень четко прослеживается на сортах с разным сроком массового цветения. Активность фотосинтеза оставалась достаточно высокой у сортов и гибридов с более поздним сроком (Вега, Элизабет, П-34-1, С-24-1). Сорт Георгий Победоносец, гибриды Н-10-14 и Р-28-3 на всех стадиях развития (и вегетативного, и генеративного) не обладали высокой активностью фотосинтетического аппарата листьев, которая служит главным условием для получения срезочной продукции хорошего качества.

Итак, способы ранней диагностики важнейших свойств гибридов позволяют повысить эффективность селекционного процесса при создании новых высокодекоративных, высокопродуктивных, устойчивых к стресс-факторам в местных условиях произрастания сортов фреезии и значительно сократить объемы многолетних исследовательских работ. Сорта и гибриды, полученные в условиях местных субтропиков (г. Сочи), в целом достаточно устойчивы и хорошо приспособлены к перезимовке при нерегулируемом микроклимате. Наиболее активной фотосинтетической деятельностью обладают листья у растений сортов Голубой Жемчуг, Элизабет (триплоид) и гибридов И-108-1, К-86-4, Л-10-3, П-28-1, П-30-1, П-34-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Драгавцева И.А., Драгавцев В.А., Лопатина Л.М. Управление продуктивно-

- стью сельскохозяйственных культур на основе закономерностей и генетических и фенотипических изменений при смене лимитов внешней среды. Краснодар, 2003.
2. Веселова Т.В., Высоцкая О.Н., Веселовский В.А. Оценка состояния растений земляники, культивируемых *in vitro*, люминесцентным методом. Физиология растений, 1994, 41(6): 942-946.
 3. Гудковский В.А., Каширская Н.Я., Чуканова Е.М. Изменение активности фермента каталазы и индукции флуоресценции хлорофилла различных по устойчивости культур и сортов при стрессовом и антистрессовом воздействии. Доклады РАСХН, 2000, 5: 5.
 4. Карапетян Н.В., Бухов Н.Г. Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений. Физиология растений, 1986, 33(5): 1013-1026.
 5. Климо С.В. Спонтанная осцилляция замедленной флуоресценции при диагностике устойчивости сельскохозяйственных растений к неблагоприятным факторам внешней среды. Сельскохозяйственная биология, 1996, 5: 115-122.
 6. Собчак Р.О., Григорьев Ю.С. Биоиндикаторное значение флуоресценции хлорофилла некоторых древесно-кустарниковых растений в зимний период. Сибирский экологический журнал, 2007, 14(1): 53-59.
 7. Сорокина Г.А., Гаевский Н.А., Гольд В.М. Перспективы использования флуоресценции хлорофилла для оценки устойчивости фотосинтетического аппарата к действию высоких температур. Физиология и биохимия культурных растений, 1985, 17(2): 126-130.
 8. Шихов В.Н., Нестренко Т.В., Тихомиров А.А. О возможности использования метода термоиндукции флуоресценции для оценки функционального состояния ценозов культурных растений. Физиология и биохимия культурных растений, 2003, 35(4): 349-357.
 9. Бerezina В.Ю., Гуррова Т.А. Автоматизированный комплекс измерительной аппаратуры для оценки устойчивости растений к стрессовым факторам среды. Достижения науки и техники АПК, 2006, 11: 15-17.
 10. Куклев М.Ю., Фесенко И.А., Карлов Г.И. Разработка флуоресцентной тест-системы для выявления устойчивых к вертициллезу форм томата. Известия ТСХА, 2006, 4: 115-119.
 11. Будаговская О.Н. Новые оптические методы и приборы количественной оценки адаптивного потенциала садовых растений. В сб. науч. тр.: Плодоводство и ягодоводство России (ВСТИСП). М., 2011, т. 27, ч. 1: 74-79.
 12. Мокроносов А.Т., Гавриленко В.Ф. Фотосинтез. Физиологические и биохимические аспекты. М., 1992.

ГНУ Всероссийский НИИ цветоводства
и субтропических культур Россельхозакадемии,
354002 Россия, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, 2/28,
e-mail: iglisa@mail.ru, subplod@mail.ru

Поступила в редакцию
20 августа 2013 года

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY IN FREESIA LEAVES AS AN INDEX FOR EARLY SELECTION OF STABLE GENOTYPES

V.S. Mokhno, O.I. Pashchenko

All-Russia Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops of the Russian Academy of Agricultural Sciences,
2/28, ul. Yana Fabriciusa, Sochi, 354002 Russia, e-mail iglisa@mail.ru

Abstract

The area of the Black sea coast of Krasnodar region is one of those few in Russia and the former Soviet Union, where it is possible to grow *Freesia* without huge energy costs. Thus, the non-heated glass greenhouses are used under adverse weather conditions in the city of Sochi during autumn, winter and spring period. Therefore, the actual task is to get winter-resistant forms. The efficient photosynthetic apparatus can provide a clear idea about the adaptive potential of the given plant, which consists of the adaptive capacity of individual organs. We have studied a functional state of the photosynthetic apparatus in leaves of different *Freesia* genotypes (the following cultivars: Georgiy Pobedonosets, Goluboi Zhemchug, Iney, Vega, Elizabet, Gold River, Gabriel; and hybrids: I-108-1, K-86-4, L-10-3, P-28-1, P-30-1, H-10-14, P-34-1, P-28-3, P-24-1) according to the parameters of slow dynamics of chlorophyll fluorescence in plant development dynamics. The steady-state level of fluorescence (F_T), level of viability (F_m/F_T), indicator of photosynthetic activity by extrapolation algorithm ($K_f \bar{T}$), and photosynthetic activity index, calculated at each instant moment of the measurements ($K_f n$) were estimated. Domestic varieties and hybrids of *Freesia* that are stable and well adapted to winter in the greenhouse with uncontrolled conditions are identified, i.e. Goluboi Zhemchug, Elizabet (triploid), I-108-1, K-86-4, L-10-3, P-28-1, P-30-1, P-34-1.

Keywords: *Freesia*, hybrids, cultivars, adaptability, leaves, photosynthesis, chlorophyll fluorescence, activity indicators.