

## ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ИНЖИРА И АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ

Гребенникова О. А., Браилко В. А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –  
Национальный научный центр Российской академии наук»,  
г. Ялта, Россия, e-mail: valentina.brailko@yandex.ru

Инжир (*Ficus L.*) издавна культивируется на Южном берегу Крыма, однако отрицательные температуры зимнего периода могут вызывать значительные повреждения растений. В связи с этим актуальна проблема выявления морозостойких сортов и биохимических параметров устойчивости инжира к низким температурам. Одним из параметров устойчивости является изменение активности каталазы и пероксидазы. Целью работы явилось изучение потенциальной морозостойкости некоторых видов и сортов инжира и её связи с активностью каталазы и пероксидазы. Результаты исследования показали, что максимальной морозостойкостью отличаются сорта 'Опылитель Никитский' и 'Сабруция розовая'. Относительно морозостойким можно считать сорт 'Сары Стамбульский'. Установлена связь между активностью каталазы и морозостойкостью инжира: в морозостойких сортах при низкотемпературном стрессе активность каталазы увеличивается, тогда как в неморозостойких сортах происходит угнетение активности фермента.

**Ключевые слова:** *Ficus L.*, почки инжира, морозоустойчивость, активность каталазы, активность пероксидазы.

Инжир принадлежит к роду *Ficus L.*, виду *F. carica L.*, семейству *Moraceae Link.* Этот род насчитывает более 1 000 видов. *Ficus carica L.* – одна из наиболее древних высокопродуктивных плодовых культур. Ценность этой субтропической плодовой культуры заключается в регулярном плодоношении, раннем и продолжительном появлении плодов, в их приятном вкусе, высокой калорийности и диетических свойствах [1, 6]. Условия Южного берега Крыма, представляющего собой северную границу субтропического климатического пояса, в основном благоприятны для возделывания инжира. Средний минимум температуры воздуха зимой достигает  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум в районе Никитского сада редко опускается до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако зимой в Крыму часто наблюдаются оттепели с возвратным похолоданием, что отрицательно сказывается на перезимовке растений.

Имеющиеся в литературе сведения не дают полного представления о биологических и физиолого-биохимических особенностях морозостойкости инжира. Мало изучены степень морозостойкости почек и побегов при воздействии на них отрицательных температур; относительно мало данных по сравнительной оценке зимостойкости различных сортов, рекомендуемых в качестве исходных форм при селекции на зимостойкость [2, 3].

В связи с этим актуальна проблема обнаружения наиболее морозостойких сортов инжира и выявления биохимических параметров устойчивости к низким температурам. Одним из таких параметров является изменение активности ферментов, в частности, каталазы и пероксидазы, т. к. данные ферменты, принимая участие в регуляции метаболизма, способствуют быстрой адаптации растения к изменяющимся условиям окружающей среды [5, 7].

Таким образом, **целью работы** явилось изучение потенциальной морозостойкости некоторых видов и сортов инжира и её связи с активностью каталазы и пероксидазы при возделывании *Ficus L.* в Крыму.

**Объекты и методы.** Объектами исследований служили 3 вида инжира: *Ficus carica L.*, *Ficus palmata Forsk.*, *Ficus virgata Roxb.*, произрастающие на коллекционных участках Никитского ботанического сада. Основным видом инжира, *F. carica L.*, был представлен 4 сортами: 'Крымский чёрный', 'Сары Стамбульский', 'Сабруция розовая' и 'Опылитель Никитский' (каприфига).

Морозостойкость побегов и почек изучалась в конце января – феврале 2018 г. как при искусственном промораживании срезанных побегов и почек в климатической камере «Votcsh VT-4004» (при температурах от  $-12$  до  $-20$  °C, градиент изменения температуры 2 °C/час), так и при полевых наблюдениях 2017–2018 гг, заключающихся в просмотре и определении повреждений у побегов через трое – пятеро суток после отбора проб в естественных условиях. Материал анализировали с помощью бинокулярного микроскопа «Биолам» (увеличение  $12,5 \times 2$ ). Активность каталазы определяли титрометрическим методом, пероксидазы – по скорости реакции окисления бензидина [4].

**Результаты и их обсуждение.** Известно, что у ряда сортов инжира плодовые почки, закладывающиеся в верхней части побега прироста текущего года, зимуют и начинают развиваться только весной следующего года. Образующиеся из них соплодия созревают в период июня-июля, давая урожай первой генерации [3]. Наибольшее значение при этом имеют вегетативные терминальные почки, из которых образуются

плодоносящие побеги (вторая генерация, имеющая промышленное значение). В естественных условиях в период зимы 2017–2018 гг. отмечены единичные повреждения плодовых почек, не превышающие 12 % у видов *F. virgata* и *F. palmata*. Тип морозных повреждений – некроз тканей генеративных органов и основания почек.

Результаты оценки морозостойкости почек и тканей побегов инжира при искусственном промораживании выявили, что повреждения тканей побегов, когда погибает около 50 % ткани и более 80 % почек, происходят при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (табл. 1). Эту температуру можно считать летальной. Активность изучаемых ферментов в почках инжира резко снизилась (практически до нуля) по сравнению с показателями, полученными до промораживания.

Таблица 1

**Степень морозостойкости почек инжира  
после искусственного промораживания, % живых почек**

Сорт	Режим промораживания, тип почек					
	$-12\text{ }^{\circ}\text{C}$		$-15\text{ }^{\circ}\text{C}$		$-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	1*	2	1*	2	1*	2
‘Опылитель Никитский’	23,1 $\pm$ 3,5	56,5 $\pm$ 2,8	20,5 $\pm$ 2,5	36,8 $\pm$ 6,2	5,8 $\pm$ 1,4	10,2 $\pm$ 1,2
‘Крымский чёрный’	15,8 $\pm$ 6,2	50,4 $\pm$ 3,6	9,7 $\pm$ 1,3	39,0 $\pm$ 2,5	2,4 $\pm$ 1,2	8,6 $\pm$ 2,2
‘Сары Стамбульский’	26,7 $\pm$ 3,4	59,6 $\pm$ 6,4	5,3 $\pm$ 1,3	40,3 $\pm$ 1,1	0	5,2 $\pm$ 1,3
‘Фигус Виргата’	8,2 $\pm$ 1,2	28,5 $\pm$ 4,5	6,7 $\pm$ 2,6	5,2 $\pm$ 2,2	0	0
‘Сабруция розовая’	26,7 $\pm$ 3,8	20,2 $\pm$ 2,2	14,2 $\pm$ 2,2	12,6 $\pm$ 1,6	4,3 $\pm$ 1,1	5,8 $\pm$ 1,4
‘Палмата’	16,0 $\pm$ 5,0	26,8 $\pm$ 3,4	0	0	0	0

Примечание: 1\* – терминальные почки,  
2 – плодовые почки

Известно, что повреждения отрицательными температурами отдельных тканей по-разному отражается на дальнейшей жизнеспособности растений. Важной характеристикой вида является морозостойкость проводящей системы и меристематических тканей почек, обеспечивающих регенерационную способность растений. Степень морозостойкости различных тканей инжира при температуре  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  неодинакова. Повреждения площади побегов не превысили 30 % поперечного среза

(отмечены у вида *F. palmata* и сорта ‘Крымский чёрный’), и не являются губительными для побегов растений. Чаще всего отрицательными температурами поражаются перимедулярная зона, камбий и паренхима коры; реже – сердцевина. Морозостойкость терминальных почек при указанной температуре составила от 5,3 до 20,5 %, за исключением вида *F. palmata*, почки которого полностью некротизированы, что является критическим уровнем для них. Устойчивость плодовых почек выше: до 40,3 %. Максимальную степень морозостойкости отличились сорта ‘Опылитель Никитский’ и ‘Сабруция розовая’. Основными типами морозных повреждений явились некроз тканей основания почек, конуса нарастания, кроющих листьев и генеративных структур. После промораживания при температуре  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  активность каталазы в изучаемых видах и сортах инжира незначительно понизилась (на 7,0–11,5 %), за исключением сорта ‘Опылитель Никитский’ (увеличилась в 1,6 раз) (табл. 2). Активность пероксидазы после промораживания, напротив, увеличилась в 2–4 раза у всех изучаемых видов и сортов инжира, за исключением вида *F. palmata*, почки которого были полностью некротизированы.

Промораживание при температуре  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  позволило выявить различия между сортами по устойчивости отдельных тканей почек. Морозостойкость терминальных почек составила 16,0–26,7 %, за исключением вида *F. virgata* (8,2 %), плодовых – 20,2–59,6 %. Ткани побегов повреждены не были. В плодовых почках повреждались генеративные зачатки, в терминальных – основание. Максимальная морозостойкость установлена для сортов ‘Опылитель Никитский’ и ‘Сабруция розовая’.

Относительно морозостойким можно считать сорт ‘Сары Стамбульский’. Активность каталазы в изучаемых видах и сортах инжира после промораживания при температуре  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  изменилась неоднозначно. У видов *F. virgata* и *F. palmata* произошло значительное угнетение активности фермента (в 9–10 раз по сравнению с контролем). У сорта ‘Крымский чёрный’ активность каталазы после промораживания уменьшилась в 2,9 раза, у сорта ‘Сары Стамбульский’ – в 1,4 раза. У сортов ‘Сабруция розовая’ и ‘Опылитель Никитский’ активность фермента после промораживания увеличилась в 2,6 и 4,8 раз соответственно. Активность пероксидазы после промораживания незначительно повысилась у вида *F. palmata* и сортов ‘Крымский чёрный’ и ‘Сары Стамбульский’ (на 28,6–38,6 %). У вида *F. virgata* и сортов ‘Опылитель Никитский’ и ‘Сабруция розовая’ активность пероксидазы достоверно не изменилась.

**Активность ферментов  
после искусственного промораживания**

Виды, сорта	Активность каталазы			Активность пероксидазы		
	Контроль	-12 °С	-15 °С	Контроль	-12 °С	-15 °С
‘Опылитель Никитский’	6,3 ±0,2	30,2 ±0,9	10,1 ±0,3	2,24 ±0,07	2,37 ±0,07	4,47 ±0,13
‘Крымский чёрный’	7,2 ±0,2	2,5 ±0,1	6,7 ±0,2	4,12 ±0,12	5,43 ±0,16	16,52 ±0,50
‘Сары Стам- бульский’	11,9 ±0,4	8,5 ±0,3	10,9 ±0,3	3,04 ±0,09	3,91 ±0,12	6,69 ±0,20
‘Фигус Виргата’	16,5 ±0,5	1,8 ±0,1	14,7 ±0,4	5,87 ±0,17	6,20 ±0,19	21,72 ±0,65
‘Сабруция розовая’	19,7 ±0,6	51,2 ±1,5	17,9 ±0,6	4,02 ±0,12	4,23 ±0,13	13,26 ±0,40
‘Палмата’	18,3 ±0,5	1,9 ±0,1	16,2 ±0,5	3,26 ±0,09	4,52 ±0,14	–

**Выводы.** Результаты исследования показали, что максимальной морозостойкостью отличаются сорта ‘Опылитель Никитский’ и ‘Сабруция розовая’. Относительно морозостойким можно считать сорт ‘Сары Стамбульский’.

Искусственное промораживание побегов инжира при температуре -12 °С можно рекомендовать, как дополнительный метод ускоренной оценки зимостойкости сортов при сортоиспытании и использовании в селекции на морозостойкость.

Установлена связь между активностью каталазы и морозостойкостью инжира: в морозостойких сортах при низкотемпературном стрессе активность каталазы увеличивается, тогда как в неморозостойких сортах – происходит угнетение активности фермента. Связи активности пероксидазы с морозостойкостью инжира чётко не прослеживается, однако морозостойкие сорта отличаются меньшей изменчивостью этого показателя при воздействии низких температур.

**Библиографический список**

1. Марчук Н.Ю., Дунаевская Е.В., Шишкина Е.Л. Содержание биологически активных веществ в плодах двух сортов инжира коллекции Никитского ботанического сада // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2017. – Вып. 125. – С. 97-103. – ISSN: 0513-1634.

2. Чернобай И.Г., Шишкина, Е.Л., Литвинова Т.В. Формирование сортифта субтропических культур (*Ficus carica* L., *Zizyphus jujuba* Mill.) для южных регионов России // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2017. – Т. 144. – С. 243-247. – ISSN: 0201-7997.
3. Шишкина Е.Л. Промышленные сорта инжира для укрывной зоны и закрытого грунта // Современные концепции развития науки: сб. ст. – Уфа: ООО «Аэтерна», 2015. – С. 21-24.
4. Воскресенская О.Л., Алябышева Е.А., Половникова М.Г. Большой практикум по биоэкологии. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2006. – 107 с.
5. Dai F., Huang Y., Zhou M., Zhang G. The influence of cold acclimation on antioxidative enzymes and anti-oxidants in sensitive and tolerant barley cultivars // Plant Biol. – 2009. – Vol. 53. – P. 257-262. – doi: doi.org/10.1007/s10535-009-0048-5. – ISSN: 1573-8264.
6. Flaishman M.A., Rodov V., Stover E. The fig: botany, horticulture, and breeding // Horticultural Review. – 2008. – № 34. – P. 113-197. – doi: http://dx.doi.org/10.1002/9780470380147.ch2
7. Miller R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance // Trends Plant Sci. – 2002. – Vol. 7. – P. 405-410.

### POTENTIAL FROST RESISTANCE OF DIFFERENT FIG SPECIES AND ENZYME ACTIVITY

Grebennikova O. A., Brailko V. A.

*Federal State Budgetary Scientific Institution  
“The Orders of Labor Red Banner Nikitsky Botanical Garden –  
National Research Centre of the Russian Science Academy”,  
c. Yalta, Russia, e-mail: valentina.brailko@yandex.ru*

The fig tree (*Ficus* L.) has long been cultivated on the Southern Coast of Crimea; however, below-freezing temperature in winter can probably cause significant plant damage. In this regard the problem of identifying frost resistant cultivars and biochemical parameters of fig resistance to low temperatures is topical. One of the resistance parameters is a change in catalase and peroxidase activities. The aim of this work was to study the potential frost resistance of some fig species and cultivars and its relationship with catalase and peroxidase activities. According to the investigation results, cultivars ‘Opylitel Nikitsky’ and ‘Sabrutsiya rozovaya’ are the most frost-resistant. Relatively resistant can be considered a cultivar ‘Sary Stambulsky’. The connection between the catalase activity and fig frost resistance was established: in frost resistant cultivars at low-temperature stress the catalase activity increases, while in non-frost resistant cultivars the enzyme activity is inhibited.

**Key words:** *Ficus* L., fig buds, frost resistance, catalase activity, peroxidase activity.