

Л. Г. Долгова

Днепропетровский национальный университет

АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ – ПОКАЗАТЕЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ-ИНТРОДУЦЕНТОВ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

Наведено дані про активність пероксидази в листках 8 видів садових жасмінів, які інтродуковані з різних флористичних областей у степову зону України. Пероксидаза – показник стійкості та захисної реакції рослин, які необхідно враховувати при використанні матеріалу для інтродукції.

При интродукции существенную роль играют биохимические исследования механизмов адаптации и устойчивости растений в новых для них экологических условиях, а также для биохимической оценки ценности интродуцируемого материала.

При переносе растений из других флористических областей в степную зону Украины большое значение имеет устойчивость их к низким температурам, поэтому зимостойкость растений рассматривается как один из показателей интродукционной способности растений.

Адаптация растений к низким температурам сопровождается изменениями в синтетической и гидролитической активности энзиматических систем, которые обеспечивают тонкую регуляцию процессов обмена. Многие реакции, включая гидролиз, дегидрирование, окисление и разложение H_2O_2 ускоряются при понижении температуры.

Оптимальный уровень окислительно-восстановительных процессов в зимний период обуславливают фенолоксидазы, которые входят в имеющуюся в растениях физиологическую антиоксидантную систему. В ее составе имеются пероксидазы [2], обладающие не только пероксидазными, но и оксидазными свойствами и тонко реагирующие на любые воздействия [12].

Пероксидаза (КФ 1.11.1.7, оксидоредуктаза) – фермент широко распространенный в растениях. Пероксидаза – гемсодержащий фермент, образующий изоформы [22]. Их биосинтез осуществляется в несколько этапов: сначала в митохондриях образуется гем, а затем – на гранулярной эндоплазматической сети – апопротеиновая часть молекулы, после чего в аппарате Гольджи к молекуле фермента присоединяется простетическая группа, выполняющая гликозидную роль. Очень консервативная область молекулы пероксидазы между 34-м и 58-м аминокислотными остатками осуществляет функции: присоединение гема, каталитическое взаимодействие с H_2O_2 . Изоферменты пероксидазы после своего образования перемещаются из цитоплазмы в межцитоплазматическое пространство, поэтому пероксидазы являются секретируемыми ферментами [18].

Пероксидаза является неспецифическим универсальным ферментом с широким спектром действия. Она участвует в окислительно-восстановительных реакциях фотосинтеза [18], в процессах дыхания [17], метаболизме белков и регулировании ростовых процессов [2; 18; 22], детоксикации перекиси водорода, катаболизме фенольных соединений [20], в образовании супероксидного радикала O_2^- , в разрушении высокоактивного радикала $OH^\bullet$ в реакциях с H_2O_2 [1]. Фермент может уча-

ствовать в образовании механизмов фитоиммунитета [3], в лигнификации клеточных стенок [20]; отдельные молекулярные формы пероксидаз выполняют нитрат-редуцирующую функцию [11; 13].

На активность пероксидаз оказывают влияние абиотические и биотические факторы. Так, под влиянием высоких доз мочевины, которая накапливается при охлаждении в клетках и обладает криопротекторным действием [6], активность пероксидазы повышается и обеспечивает нормальные метаболические процессы в растениях при стрессовых ситуациях [21].

Активирование пероксидазы происходит под влиянием инфекций, что является характерной биохимической реакцией, по которой судят об устойчивости растений [4; 10; 16].

Пероксидаза – фермент термостабильный [21]. Отмечено, что у растений, устойчивых к низким температурам, активность пероксидазы повышается, а у менее зимостойких остается без изменений, либо уменьшается. Некоторые авторы [8; 9] предлагают использовать пероксидазы как маркер зимостойкости растений.

Изложенное выше указывает на значительную функциональную роль пероксидазы в жизнедеятельности растений, часто в экстремальных условиях, что дало основание назвать этот фермент «аварийным» [23] и признать актуальным исследование его активности у растений при адаптации их в новых экологических условиях.

Целью нашей работы было изучение активности пероксидазы в листьях растений, интродуцированных в степную зону из разных флористических областей.

Материалы и методы

Объектами исследования были представители р. *Philadelphus* L., относящегося к сем. *Saxifragaceae* Juss. – камнеломковых [5], находящиеся в коллекции ботанического сада ДНУ. Представители р. *Philadelphus* L. – чубушники – являются листопадными кустарниками высотой 2–4 м с белыми или бело-кремовыми цветами; чубушники были интродуцированы из разных областей: *Ph. coronarius* L. (Южная Европа), *Ph. schrenkii* Rupr. Et Maxim. (Дальний Восток), *Ph. magdalenae* Koechn. (Центральный Китай), *Ph. satsumanus* Miq. (Япония), *Ph. californicus* Benth. и *Ph. mexicanus* Schlecht (Тихоокеанская и Континентальная климатические зоны Сев. Америки), *Ph. grandiflorus* Willd. и *Ph. latifolius* Schrad. (Атлантическая и Континентально-Атлантическая климатические области Сев. Америки).

Определение продолжительности фаз роста и развития проводили по общепринятой методике [24], активность пероксидазы определяли по методу, описанному Х. Н. Починок [15], обработка материала – по стандартным методам математической статистики [7].

Результаты и их обсуждение

При интродукции растений в процессе их адаптации к новым экологическим условиям в них происходят изменения в процессах метаболизма, что в первую очередь отражается на активности пероксидазы в листьях в фазах активного роста, вторичного роста и вызревания побегов, физиологического покоя. Повышение активности фермента мы рассматриваем как индикатор стрессового состояния растений-интродуцентов. Из исследованных нами видов чубушников менее адаптированными к условиям степной зоны являются растения, естественными ареалами которых являются Япония (*Ph. satsumanus*), Атлантическая Климатическая область Сев. Америки – от Пенсильвании до Виргинии и от Теннесси до Флориды (*Ph. grandiflorus*), Дальний Восток (*Ph. schrenkii*) – районы с относительно влажным и

теплым климатом, выходцев из которых мы рассматриваем как наименее приспособленных к условиям степной зоны Украины с ее низкими температурами в осенне-зимний период.

Повышение активности пероксидазы – это показатель защитной функции организма. Основываясь на данных об активности этого фермента, устойчивыми к условиям нашего региона следует признать те виды, естественными ареалами которых являются Китай (*Ph. magdalenae*), Континентальная климатическая зона Сев. Америки (*Ph. mexicanus*).

Анализ полученных данных (табл.) показывает, что динамика активности фермента в листьях изменяется в фазах роста и развития растений. Наиболее высокая активность процессов, катализируемых пероксидазой, отмечена у всех исследованных видов в фазе активного роста, когда уровень метаболических процессов наиболее высокий. В фазе вторичного роста и вызревания побегов активность пероксидазы снижалась и достигала минимальных значений в фазе физиологического покоя.

Таблица

Активность пероксидазы в листьях растений-интродуцентов р. *Philadelphus* L. в фазах роста и развития (в мкг/моль гваякола, окисленного за 1 мин, 1 г листьев)

Наименование растений	Фазы роста и развития растений		
	Активный рост	Вторичный рост	Физиологический покой
<i>Ph. coronarius</i>	47,9±0,59	41,0±0,22	14,2±0,27
<i>Ph. schrenkii</i>	98,9±1,14	67,7±0,45	27,1±0,40
<i>Ph. magdalenae</i>	61,0±0,58	26,0±0,09	15,9±0,51
<i>Ph. satumanus</i>	110,9±2,60	123,1±1,52	32,7±0,34
<i>Ph. latifolius</i>	97,3±0,90	64,9±0,83	22,6±0,63
<i>Ph. grandiflorus</i>	95,6±0,76	58,7±0,54	38,5±0,11
<i>Ph. californicus</i>	52,5±0,59	42,4±0,50	7,55±0,04
<i>Ph. mexicanus</i>	20,9±0,13	13,6±0,36	23,7±0,40

Температура и влажность – важнейшие факторы, ограничивающие произрастание растений в определенных эколого-климатических зонах. Устойчивость растений к действию экстремальных для данного вида условий генетически детерминирована [14], но при изменении экологических условий у растений изменяется напряженность биохимических процессов, в первую очередь тех, которые катализируются «аварийным» ферментом – пероксидазой.

Таким образом, полученные результаты об активности пероксидазы мы рассматриваем как показатель защитных реакций растений, данные об активности которой необходимо учитывать при использовании интродукционного материала.

В основе биологической находится биохимическая адаптация, которая активно проявляется тогда, когда у растений нет других способов избежать дестабилизации ранее сложившихся в них процессов метаболизма.

Библиографические ссылки

1. Аверьянов А. А. Активные формы кислорода и иммунитет растений // Усп. совр. биол. – 1991. – Т. 111, вып. 5. – С. 722–735.
2. Андреева В. А. Фермент пероксидаза. – М., 1988. – 130 с.
3. Барабой В. А. Биологическое действие растительных фенольных соединений. – К., 1976. – 260 с.

4. Граскова И. А., Владимирова С. В., Рихванов Е. Г., Войников В. К. Зависимость активности пероксидазы клеток картофеля при патогенезе кольцевой гнили от вирулентности штаммов бактерий и снижение устойчивости растений // Физиол. и биохим. культ. растений. – 2003. – Т. 35, № 1. – С. 35–42.
5. Деревья и кустарники, культивируемые в Украинской ССР. Покрытосеменные/ Под ред. Н.А. Кохно. – К., 1986. – С. 718.
6. Дузу П. Кробиохимия. – М., 1980. – С. 240.
7. Зайцев Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике. – М., 1990. – С. 12–15.
8. Капустян А. В. Фермент пероксидаза – універсальний маркер зимостійкості рослин // *Інтродукція рослин*. – 2000. – № 1. – С. 152–154.
9. Капустян А. В., Кучеренко В. Л., Мусієнко М. М. Вплив низькотемпературного стресу на активність пероксидази проростків пшениці // Вісник Київ. нац. універ. ім. Тараса Шевченка. Біологія. – 1999. – Вип. 29. – С. 43–45.
10. Мельничук М. Д., Дьячкова О. О., Смирнова С. О., Олексієнко І. Л. Зміни активності пероксидази, каталази і поліфенолоксидази перцю та тютюну, інфікованих вірусом тютюнової мозаїки // Физиол. и биохим. культ. растений. – 2003. – Т. 35, № 1. – С. 43–47.
11. Овчаренко Г. А., Иванова М. М., Худякова Г. М. Взаимодействие нитратредуктазы, выделенной из листьев горчицы, с пероксидазой // Физиол. растений. – 1985. – Т. 32, вып. 5. – С. 922–926.
12. Олейникова Т. М., Волкова А. М., Пушина Р. Н. Действие высокой температуры на изоферментный состав и активность изозимов пероксидазы листьев пшеницы // Физиол. и биохим. культ. растений. – 1979. – Т. 11, № 2. – С. 113–117.
13. Пейве Я. В., Иванова Н. Н., Дробышева Н. И. Нитратвосстанавливающая активность растительной пероксидазы // Физиол. растений. – 1972. – Т. 19, вып. 2. – 340 с.
14. Петрова О. В., Колоша О. И., Мишустина П. С., Сухарева И. В. Множественность форм ферментов и ее модификация у озимой пшеницы в период ее адаптации к низким температурам // Физиол. и биохим. культ. растений. – 1985. – Т. 17, № 4. – С. 361–365.
15. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. – К., 1976. – 234 с.
16. Рубин Б. А., Ладыгина М. Е., Аксенова В. А. Биохимические механизмы иммунитета растений // Функции биохимия клеточных структур. – М., 1970. – С. 349.
17. Рубин Б. А., Ладыгина М. Е. Физиология и биохимия дыхания растений. – М., 1974. – 511 с.
18. Савич И. М. Пероксидазы – стрессовые белки растений // Усп. совр. биол. – 1989. – Т. 107, вып. 3. – С. 406–417.
19. Савич И. М., Тажибаева Т. Л., Ашмгазинова Б. Ш. Действие детергентов и мочевины на пероксидазы пшеницы, кукурузы и сахарной свеклы // Физиол. растений. – 1988. – Т. 35, № 2. – С. 361–368.
20. Садвакасова Г. Г., Кунаева Р. М. Некоторые физико-химические и физиологические свойства пероксидазы растений // Физиол. и биохим. культ. растений. – 1987. – Т. 19, № 2. – С. 107–119.
21. Сарсенбаев К. Н., Полимбетова Ф. А. Роль ферментов в устойчивости растений. – Алма-Ата, 1986. – 245 с.
22. Титов А. Ф. Изопероксидазы растений // Успехи совр. биол. – 1975. – Т. 80, вып. 1 (4). – С. 102.
23. Титов А. Ф. Полиморфизм ферментных систем и устойчивость растений к экстремальным низким температурам // Успехи совр. биол. – 1978. – Т. 55, вып. 1. – С. 63.
24. Юркевич И. Д., Глод Д. С., Ярошевич Э. П. Фенологические исследования древесных и травянистых растений. – Минск, 1980. – 88 с.

Надійшла до редколегії 19.01.04