

Т. А. БАРСКАЯ, А. А. ЕГОРОВА

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ НА АКТИВНОСТЬ
ФЕРМЕНТОВ КАТАЛАЗЫ И ПЕРОКСИДАЗЫ
У ХОЛОДОСТОЙКИХ И ТЕПЛОЛЮБИВЫХ РАСТЕНИЙ**

Приспособление растений к неблагоприятным условиям внешней среды, например, к пониженным температурам, происходит через изменение обмена веществ. В основе обмена веществ лежат ферментативные процессы, так как многочисленные биологические превращения, из которых складывается обмен веществ живых организмов, осуществляются с помощью органических катализаторов белковой природы — ферментов.

Существенную роль во взаимосвязи растительного организма с окружающей средой и, в частности, в процессе приспособления растений к неблагоприятным условиям (низкие температуры и т. д.) играют такие ферменты, как каталаза и пероксидаза.

В литературе имеются данные о том, что при понижении температуры (при поднятии в горы) у растений возрастает активность каталазы и пероксидазы (Гребинский, 1941; Рубин и Соколова, 1949 и др.) О. А. Зауралов (1957) указывает на резкое повышение активности пероксидазы под влиянием закаливания томатов низкими температурами. Е. А. Дороганевская (1956) предполагает, что связь каталазы с системой физиологических и биохимических процессов позволяет использовать активность этого фермента в качестве показателя итоговой реакции растительного организма на сложный комплекс экологических воздействий.

Ферменты каталазы и пероксидазы катализируют окислительные процессы, играют значительную роль в дыхании растений. Пероксидаза окисляет органические соединения в растениях (полифенолы и некоторые ароматические соединения) с помощью перекиси водорода или других органических перекисей. Каталаза активизирует разложение перекиси водорода на воду и молекулярный кислород. Роль каталазы в том, что она разрушает в организме избыток ядовитой для клеток перекиси водорода, образующейся в процессе дыхания.

На первых этапах изучения влияния пониженной температуры почвы на активность ферментов в растениях мы остановились на изучении каталазы и пероксидазы. В нашу задачу входило изучить изменения активности этих ферментов в зависимости от температуры почвы у холодостойких культур (ячмень и пшеница) и теплолюбивых растений (кукуруза). Это проводилось в 1957 и 1958 гг.

Подопытные растения выращивались в вегетационных сосудах в термовегетационном домике при температуре почвы: ячмень Винер и пшеница Диамант 6—10° и кукуруза ВИР-42 10—12°. Контролем служили растения на неохлажденной почве, которая имела температуру 15—20°.

Поскольку развитие на охлажденной почве шло замедленно, то в большинстве случаев при исследовании ячменя и пшеницы приходилось брать растения в разные фазы развития. Например, в 1958 г. определения активности ферментов проводились у ячменя 2, 15, 22 июля и 2 августа. 2 июля контрольные растения находились в фазе трубки, растения на охлажденной почве — в фазе всходов; а 15 июля соответственно в фазе колошения и в фазе трубки и т. д.

У пшеницы это проводилось 16—18 августа в фазу колошения у контрольных растений и в начале фазы колошения у растений на охлажденной почве, а также 2—3 сентября при цветении на контроле и колошении на охлажденной почве (все в 1958 г.).

У кукурузы активность ферментов определялась в фазы всходов и трубки.

Для определений ферментативной активности листьев были взяты 3-й и 4-й листья, считая от верхушки растения. Пробы составлялись из средних частей листьев. При составлении средней пробы корней избегали крупных скелетных частей и использовали преимущественно мелкие разветвления. Материал для анализов обычно брался в 10—11 ч дня. Все определения проводились в двух параллельных навесках.

Активность каталазы определялась йодометрическим методом (Починок, 1956) и выражалась в миллилитрах 0,02 N перекиси водорода, разлагаемой 1 г вещества в 1 мин.

Активность пероксидазы определялась гваяколовым методом (Починок, 1955, 1956) по скорости окисления 0,3% раствора гваякола. Анализы проводились в остатке исследуемого раствора после определения активности каталазы.

Интенсивность окраски исследуемых растворов определялась в фотоэлектроколориметре ФЭК-2 и сравнивалась со стандартной шкалой по серебру. Активность пероксидазы выражалась в миллиграммах серебра, каталитическое действие которого равно действию фермента, содержащегося в 1 г исследуемого вещества.

АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ

У всех изучавшихся растений наблюдалась наиболее высокая активность каталазы в листьях и низкая в корнях (табл. 1, 2, 3, 4). При всех определениях в листьях активность каталазы была значительно выше у холодостойких растений (ячмень и пшеница), чем у кукурузы.

В 1957 г. у ячменя как на охлажденной почве, так и на контроле активность каталазы возрастала от фазы всходов до фазы колошения. В 1958 г. наиболее высокая активность каталазы наблюдалась при определении в фазах трубки и колошения.

У ячменя, растущего при различной температуре почвы, не обнаружено определенной зависимости между активностью каталазы и фазами развития. Например, в фазе трубки активность каталазы была выше у растений с неохлажденной почвой, а в фазе молочной спелости — с охлажденной.

Наиболее активный рост вегетативной массы растений обычно происходит в период от фазы трубки до фазы молочной спелости. При определениях в 1958 г. в период этих фаз активность каталазы как в листьях, так и в корнях была выше у растений с неохлажденной почвы, где процессы роста происходили более активно.

У пшеницы активность каталазы в 1958 г. в фазах колошения и цветения как в листьях, так и корнях тоже была значительно выше у растений с неохлажденной почвы.

Таким образом, наши определения соответствуют выводам А. Н. Кренке и Н. И. Дубровицкой (1949) о наибольшей активности каталазы при интенсивном росте растений и снижении интенсивности ростовых процессов, которое обычно сопровождается падением этой активности.

Таблица 1

Активность каталазы и пероксидазы в листьях ячменя в зависимости от температуры почвы (1957 г.)

Органы растений	Температура почвы	Даты определений, фазы развития, активность ферментов			
		28/VI	5 VII	20 VII	
		всходы	трубка в контроле; всходы на охлажденной почве	колошение	
		каталаза	каталаза	каталаза	пероксидаза
Листья	15—20°	70,32	81,57	296,78	24,9
Листья	6—10°	52,77	74,55	197,8	28,9

Таблица 2

Активность каталазы и пероксидазы у кукурузы в зависимости от температуры почвы (1957 г.)

Органы растений	Температура почвы	Даты определений, фазы развития, активность ферментов							
		10/VII		12/VIII		27/VIII		5 IX	
		всходы		трубка		трубка		трубка	
		ката-лаза	перокси-даза	ката-лаза	перокси-даза	ката-лаза	перокси-даза	ката-лаза	перокси-даза
Листья .	15—20°	63,28	30,41	33,94	13,11	16,79	28,0	17,1	15,5
Листья .	8—10°	56,94	37,34	17,48	22,8	21,05	33,2	11,67	23,0
Корни .	15—20°	—	—	—	—	2,07	25,0	—	—
Корни .	8—10°	—	—	—	—	3,3	34,61	—	—

При исследовании листьев кукурузы в большинстве определений активность каталазы была выше у неохлажденных растений. В корнях растений, наоборот, активность каталазы была выше у растений с охлажденной почвы.

АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ

Наиболее высокая активность пероксидазы, независимо от температуры почвы, наблюдалась в корнях. У холодостойких растений (ячмень и пшеница) как в листьях, так и корнях активность пероксидазы была выше, чем у кукурузы (табл. 1, 2, 3, 4). У всех изучавшихся растений активность пероксидазы была значительно выше на охлажденной почве (в листьях и корнях).

Активность каталазы и пероксидазы у ячменя и пшеницы в зависимости от температуры почвы (1958 г.)

Органы растений	Температура почвы	Дата определений, фазы развития, активность ферментов							
		трубка в контроле; всходы на холоде		колошение в контроле; трубка на холоде		молочная спелость в контроле; колошен. на холоде		восковая спелость в контроле и молочная на холоде	
		каталаза	пероксидаза	каталаза	пероксидаза	каталаза	пероксидаза	каталаза	пероксидаза
Ячмень		2/VII		15/VII		22/VII		2/VIII	
Листья	15—20°	66,14	1,33	130,75	32,0	161,49	29,3	149,17	42,66
Листья	6—10°	85,33	2,66	72,08	57,0	67,68	33,9	176,02	41,33
		3/VII		16 VII		23, VII		6/VIII	
Корни	15—20°	0,914	49,31	1,599	51,33	1,187	33,6	2,517	160,0
Корни	6—10°	1,3689	51,68	0,7539	58,66	0,607	63,6	2,452	126,0
Пшеница		16/VIII		2/IX					
		колошение		цветение—контроль; колошение—холод					
Листья	15—20°	182,78	131,61	197,13	206,67	—	—	—	—
Листья	10—12°	179,73	148,0	153,02	249,33	—	—	—	—
		19/VIII		3/IX					
Корни	15—20°	2,883	122,66	7,91	154,66	—	—	—	—
Корни	10—12°	1,727	288,0	5,57	330,6	—	—	—	—

Примечание. Активность каталазы выражена в миллилитрах 0,02 N перекиси водорода, а пероксидазы в миллиграммах серебра.

Некоторое повышение активности пероксидазы в листьях и корнях растений ячменя на неохлажденной почве наблюдалось в начале фазы восковой спелости при определениях 2 и 6 августа. Однако необходимо отметить, что в это время на неохлажденной почве наблюдалось подвядание растений и пожелтение нижних листьев, что, по-видимому, и обусловило повышение активности этого фермента.

Сравнение активности пероксидазы во время одноименных фаз изучавшихся нами растений показывает, что чаще всего более высокая активность этого фермента наблюдается на охлажденной почве. Например, в листьях ячменя активность пероксидазы на охлажденной почве была значительно выше по сравнению с контрольными растениями в фазах всходов, трубки и молочной спелости.

Таблица 4

Активность каталазы и пероксидазы у кукурузы
в зависимости от температуры почвы (1958 г.)

Органы растений	Температура почвы	Даты определений, фазы развития, активность ферментов					
		всходы		трубка		трубка	
		каталаза	пероксидаза	каталаза	пероксидаза	каталаза	пероксидаза
		10/VII		18/VIII		2/IX	
Листья	15—20°	14,49	17,33	5,98	11,0	2,74	12,67
Листья	8—10°	8,729	16,63	4,21	16,0	6,62	16,67
		11/VII		19/VIII		3/IX	
Корни	15—20°	1,13	32,16	0,76	18,0	2,38	37,6
Корни	8—10°	1,44	35,83	1,20	24,0	4,705	58,67

ВЫВОДЫ

1. Независимо от температуры почвы у всех изучавшихся растений наиболее высокая активность каталазы обнаружена в листьях и наименьшая в корнях. Корни в них имели высокую активность пероксидазы.

2. В листьях у ячменя, пшеницы и кукурузы при выращивании на охлажденной почве наблюдалось снижение активности каталазы, поэтому возможно, что замедленный рост их на охлажденной почве в какой-то степени обусловлен снижением активности этого фермента. Кроме того, у холодостойких растений (ячмень и пшеница) при выращивании на охлажденной почве снижение активности каталазы наблюдалось и в корнях, тогда как у кукурузы, наоборот, в них повысилась активность этого фермента.

3. Холодостойкие растения (ячмень и пшеница) характеризовались более высокой каталазной и пероксидазной активностью по сравнению с кукурузой.

4. Активность пероксидазы у всех изучавшихся нами растений была значительно выше на охлажденной почве, что позволяет сделать заключение, что в процессе приспособления растений к пониженной температуре почвы фермент пероксидазы играет определенную роль.

ЛИТЕРАТУРА

Благовещенский А. В. Биохимические основы эволюционного процесса у растений. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1950.

Гребинский С. О. Витамин С и окислительные ферменты у высокогорных растений. «Биохимия», 1941, т. 6, вып. 3.

Дороганевская Е. А. О связи активности каталазы у полыни с экологическими условиями. ДАН СССР, 1956, т. 3, № 5.

Зауралов О. А. Влияние низких температур на физиологические процессы в растениях томатов. «Физиология растений», 1957, т. 4, вып. 6.

Коровин А. И. Методы для изучения влияния пониженной температуры почвы на растение. Там же, 1958, т. 5, вып. 1.

Кренке А. Н., Дубровицкая Н. И. Качество фермента каталазы и его активность в зависимости от возрастного состояния листьев табака. ДАН СССР, 1949, т. 16, № 4.

Починок Х. Н. Определение каталазы йодометрическим методом. Особенности физиологии питания растений. «Тр. Ин-та физиологии растений и агрохимии АН УССР», 1956.

Починок Х. Н. К определению активности пероксидазы в растениях гваяколовым методом. Там же, 1955.

Рубин Б. А., Соколова В. Е. О роли ферментативного аппарата в приспособительных реакциях растений к внешней среде. ДАН СССР, 1949, т. 14, № 3.