

温度胁迫对番茄转化酶表达和光合特性的影响^{*}

孟焕文, 程智慧, 吴 洋, 董志刚, 支玉玺

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 以栽培番茄中杂9号品种的幼苗为试材, 在昼/夜温度分别为10/5、15/10、25/20、35/30和45/40条件下, 研究了温度胁迫对叶片及根系转化酶种类和活性以及光合特性的影响。结果表明, 在温度胁迫下, 幼苗生长量下降, 根系和地上部鲜重降低; 在低温(10/5)和亚低温(15/10)胁迫下, 光合色素(叶绿素和类胡萝卜素)含量下降; 在亚高温(35/30)胁迫下, 光合色素含量上升; 与常温(25/20)相比, 温度胁迫期间, 气孔导度和光合强度先下降, 再升高, 然后随着胁迫时间的延长又呈现逐渐下降的趋势; 在持续温度胁迫下, 叶片和根系中可溶性转化酶和胞壁转化酶的活性基本都呈增强的趋势。

[关键词] 番茄; 温度胁迫; 转化酶; 光合速率; 气孔导度

[中图分类号] S641.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)12-0041-06

转化酶(Invertase)又名蔗糖酶或 β D-呋喃果糖苷酶, 是生物体内蔗糖代谢的关键酶, 在正常生长发育条件下, 其主要生理功能是将蔗糖转化为己糖(葡萄糖和果糖)^[1]。依据其溶解性、亚细胞定位和最适pH值的不同分为3种类型: 可溶性酸性转化酶(SA I, 主要存在于液泡中的自由空间或细胞间隙), 可溶性中性或碱性转化酶(N I, 存在于细胞质中, 活性通常较低)和细胞壁结合态酸性转化酶(CW I, 简称胞壁转化酶, 结合在细胞壁上)^[2]。SA I则参与渗透调节和细胞膨大等生理过程, 为快速生长组织提供己糖碳源; CW I具有调控细胞分化和植株发育的功能。在植物生长发育和代谢过程中, 转化酶的作用主要取决于其亚细胞定位^[3]。

转化酶对高等生物体内糖代谢非常重要, 如调节蔗糖和己糖的贮存, 参与贮藏器官中碳水化合物组成和细胞渗透压的调节; SA I调节光合产物淀粉和蔗糖的分配; CW I调节蔗糖从叶中运出的速率, 改变叶绿体中同化物分配和自身的净同化速率, 参与体内寡糖或多糖的合成及韧皮部的卸载和库的建立^[4-5]。环境胁迫刺激可促进转化酶基因表达^[1, 6-9], 提高转化酶的活性。但是迄今关于植物转化酶在逆境下的生理和生长发育调节功能的研究资料很少, 对转化酶在温度逆境下的表达特点尚缺乏研究。本试验研究了不同温度胁迫条件下, 番茄转化酶的多态性表达及活性变化, 旨在明确转化酶在番茄适应

逆境生态中的生理调节作用, 为抗逆生理生态及栽培的理论与实践提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料及其培养

以中杂9号番茄为供试品种, 温床土壤播种育苗, 3叶期分苗于口径10 cm的塑料营养钵, 每钵1苗。幼苗长至6~8叶时, 选整齐一致的幼苗移入人工智能培养箱开始温度胁迫处理。

1.2 试验设计

试验分2次进行。第1次(试验1)选6叶期幼苗, 分别在昼/夜温度为15/10、25/20和35/30条件下实施温度处理。第2次(试验2)选8叶期(第一花序现花蕾)幼苗, 分别在昼/夜温度为10/5、25/20和45/40条件下实施温度处理。试验期间每天光照12 h(光照强度16 930 lx), 空气相对湿度为80%左右。试验每小区36苗, 重复4次。

1.3 测定项目与方法

在温度胁迫1、3、5、7、9、11和13 d时, 于上午10:00各处理随机选取样苗16株, 进行生理指标和鲜重的测定。

1.3.1 转化酶活性的测定 用打孔器从样苗功能叶上取小圆片8片(约4 cm²)作为叶样, 并取根样, 分别用铝箔纸封存后立即放入液氮中, 随后转入-80超低温冰箱中保存备测。转化酶的提取及其活性测定

^{*} [收稿日期] 2006-06-06

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30370977)

[作者简介] 孟焕文(1961-), 女, 陕西蒲城人, 副教授, 硕士, 主要从事蔬菜生理和黄瓜育种研究。E-mail: menghw2005@163.com

参照英国谢菲尔德大学 Scholes 等^[6]的方法。

1.3.2 光合指标的测定 在每株样苗上选叶面积最大的功能叶,用CIRA S-1 便携式光合仪分别测定2片对生小叶的光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i),每株读取2个数据,求其平均值。

1.3.3 光合色素含量的测定 每份叶样取功能叶小圆片8片,参考 Scholes 等^[6]的方法将样品转入带盖试管中,立即加入提取缓冲液(50 mmol/L HEP-ES-KOH+ 5 mmol/L MgCl₂+ 体积分数80%乙醇, pH 7.4),70 ℃水浴提取20 min。收集上清液,继续用缓冲液提取,直至叶圆片变为白色,收集合并上清液并记录总体积。此提取液直接用于叶绿素和类胡萝卜素的测定,分别在665,649和470 nm下测定吸光值,计算叶绿素和类胡萝卜素含量。

1.3.4 幼苗鲜重的测定 在取样植株完成各生理生化指标的测定和取样后,采取样株,用1/1 000天平分别称取地上部鲜重和根系鲜重。

2 结果与分析

2.1 温度胁迫对番茄幼苗生长的影响

温度胁迫对番茄幼苗生长的影响结果见表1。由

表1可以看出,6叶期番茄幼苗(试验1)在常温(25/20 ℃)下,生长量保持稳定增加的趋势;在亚低温(15/10 ℃)胁迫下,幼苗生长量一直明显较常温低,但初期幼苗根鲜重和地上部鲜重仍呈增加趋势,根鲜重和地上部鲜重分别在胁迫3 d和胁迫9 d时开始呈现下降趋势,与同期常温下的幼苗生长差距逐渐增大;在亚高温(35/30 ℃)胁迫下,幼苗根鲜重和地上部鲜重的变化趋势与亚低温下相似,但生长量不仅明显低于常温处理,也低于亚低温处理。8叶期番茄幼苗(试验2)在常温(25/20 ℃)下,地上部鲜重和根鲜重呈现稳定增加的趋势;在低温(10/5 ℃)下胁迫1,3,5,7和9 d时,地上部鲜重分别较常温下降11.1%,29.5%,29.1%,29.3%和31.8%,根鲜重分别较常温降低24.3%,16.5%,19.0%,27.9%和36.1%;在高温(45/40 ℃)胁迫下,幼苗地上部鲜重与根鲜重显著下降,胁迫1 d时地上部鲜重与根重分别较常温降低18.9%和32.1%,胁迫3 d时地上部鲜重与根重分别较常温降低54.3%和60.9%,继续高温胁迫则幼苗枯死。

表1 温度胁迫对番茄幼苗地上部鲜重和根鲜重的影响

Table 1 Impact of temperature stress on top fresh weight and root fresh weight of tomato seedling

试验 Trail	温度/ Temperature	胁迫时间/d Day stressed	地上部 鲜重/g Top fresh weight	根鲜重/g Root fresh weight	试验 Trail	温度/ Temperature	胁迫时间/d Day stressed	地上部 鲜重/g Top fresh weight	根鲜重/g Root fresh weight
1	15/10	1	9.850	0.683	2	10/5	1	17.810	0.576
		3	11.694	0.925			3	18.043	0.750
		5	13.469	0.909			5	18.660	0.738
		7	14.026	0.423			7	19.794	0.896
		9	14.057	0.573			9	23.430	0.963
		11	12.879	0.419		25/20	1	20.033	0.761
	25/20	13	11.508	0.411			3	25.598	0.898
		1	10.714	0.839			5	26.310	0.911
		3	12.380	0.989			7	28.015	1.242
		5	13.730	1.038			9	34.358	1.508
		7	14.698	1.067		45/40	1	16.480	0.517
	35/30	9	15.172	1.086			3	11.690	0.351
		11	15.460	1.161					
		13	16.880	1.658					
		1	8.813	0.568					
		3	9.036	0.667					
		5	13.435	0.776					
		7	13.577	0.308					
		9	11.910	0.276					
		11	6.886	0.232					
		13	10.436	0.193					

2 2 温度胁迫对番茄幼苗光合色素含量的影响

从表 2 可以看出, 番茄光合色素以叶绿素为主, 类胡萝卜素含量极低。常温(25/20)下试验期间叶绿素总含量呈现升- 降- 升的波动变化(试验 1)或缓慢下降(试验 2)的变化趋势; 2 次试验均以叶绿素 a 的浓度较高, 为 4 756~ 10 630 mg/L; 叶绿素 b 浓度较低, 为 1 967~ 7 018 mg/L。

在低温(10/5)和亚低温(15/10)胁迫下, 试验 1 和试验 2 不同胁迫时间的叶绿素及类胡萝卜素含量均较各自常温(25/20)处理相应胁迫时间下降。在亚低温条件下胁迫 1, 3, 5, 7, 11 和 13 d, 叶绿素含量较常温下分别降低 12 7%, 5 6%, 18 8%, 18 9%, 23 4%和 27 8%, 类胡萝卜素含量较常温下分别降低 56 0%, - 19 8%, 23 8%, 25 0%, 13 6%和 27 4%; 在低温下胁迫 1, 3, 5, 7 和 9 d, 叶绿素含量较常温下分别降低 16 2%, 17 5%, 25 2%, 18 3%

和 34 1%, 类胡萝卜素含量较常温下分别降低 2 1%, 34 3%, 40 1%, 29 1%和 15 8%。

在亚高温(35/30)胁迫下, 番茄幼苗光合色素含量急剧上升, 胁迫 1, 3, 5, 7, 11 和 13 d, 叶绿素含量较常温下分别增加 10 1%, 20 9%, 17 7%, 34 0%, 34 3%和 38 7%; 类胡萝卜素含量较常温下分别增加 2 9%, 88 1%, 123 8%, 96 4%, 62 6%和 64 7%; 叶绿素含量变幅较小, 而类胡萝卜素含量变幅较大。在高温(45/40)下胁迫 1 d, 幼苗叶绿素含量较常温基本未变, 类胡萝卜素含量较常温下增加 12 3%; 胁迫 3 d, 叶绿素含量较常温处理下降 12 4%, 类胡萝卜素含量较常温处理下降 52 4%; 继续胁迫则幼苗枯死。说明亚高温(35/30)处理是番茄幼苗能适应的诱导温度, 而长时间高温(45/40)处理是番茄幼苗难以适应的致死温度。

表 2 温度胁迫对番茄幼苗光合色素含量的影响

Table 2 Impact of temperature stress on content of photosynthetic pigment in tomato seedling							
试验 Trail	温度/ Temperature	胁迫时间/d Days stressed	叶绿素 a 浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration of chlorophyll a	叶绿素 b 浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration of chlorophyll b	类胡萝卜素浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration of carotenes	叶绿素总含量/ (mg · g ⁻¹) Content of chlorophyll	类胡萝卜素含量/ (mg · g ⁻¹) Content of carotenoids
1	15/10	1	6 076	5 031	0 516	1 983	0 092
		3	8 269	4 370	0 853	2 237	0 151
		5	8 266	3 150	0 547	1 935	0 093
		7	8 041	4 050	0 596	1 832	0 105
		11	6 257	2 973	0 722	1 619	0 127
		13	7 204	3 863	0 942	1 716	0 146
	25/20	1	8 648	3 842	1 035	2 271	0 209
		3	8 038	4 997	0 617	2 370	0 126
		5	8 776	4 814	0 627	2 384	0 122
		7	9 027	4 753	0 701	2 259	0 140
		11	7 756	3 723	0 762	2 207	0 147
		13	9 697	4 690	1 251	2 378	0 201
	35/30	1	8 628	3 754	1 082	2 501	0 215
		3	9 027	5 014	1 304	2 865	0 237
		5	9 230	5 220	1 554	2 806	0 273
		7	9 772	5 358	1 678	3 026	0 275
		11	9 663	4 857	1 173	2 963	0 239
		13	10 630	7 018	1 769	3 299	0 331
2	10/5	1	7 638	3 934	1 264	2 183	0 238
		3	7 357	3 655	1 209	2 078	0 228
		5	6 961	2 496	0 793	1 801	0 151
		7	5 286	3 247	0 451	1 610	0 117
		9	4 756	1 967	0 659	1 190	0 085
	25/20	1	7 414	3 294	1 058	2 606	0 243
		3	7 049	4 991	0 480	2 518	0 347
		5	8 704	3 097	1 856	2 408	0 252
		7	7 139	3 406	1 237	1 971	0 165
		9	6 053	2 802	0 808	1 807	0 101
	45/40	1	7 987	4 135	1 269	2 607	0 273
		3	7 279	4 977	0 913	2 208	0 165

2.3 温度胁迫对番茄幼苗光合特性的影响

由表3可看出,在常温(25/20)下,番茄功能叶片的光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i)等光合指标均随胁迫时间的延长而增大,在13 d内变化范围分别为4.78~8.16 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 223.2~350.3 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和304.0~559.8 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$,亚低温和亚高温胁迫下番茄幼苗功能叶的光合速率和气孔导度均呈现短时间的降低后再升高,然后又随着胁迫的持续而逐渐降低的趋势。如在亚低温(15/10)条件下胁迫1, 3, 5, 7, 9, 11和13 d,光合速率分别为常温下的80.8%, 155.6%, 130.7%, 112.6%, 106.0%, 72.8%和41.8%,气孔导度分别为常温下的63.8%, 147.1%, 117.4%, 71.

0%, 53.5%, 49.6%和14.7%;在亚高温(35/30)条件下胁迫1, 3, 5, 7, 9, 11和13 d,光合速率分别为常温下的50.6%, 137.6%, 125.4%, 108.1%, 95.3%, 63.6%和50.6%,气孔导度分别为常温下的97.1%, 218.1%, 76.5%, 35.4%, 22.8%, 15.1%和9.9%。

在常温(25/20)下,胞间 CO_2 浓度随着光合速率的增加而缓慢增加,这与其气孔导度的缓慢增加相一致。在温度胁迫下,第3天胞间 CO_2 浓度最高,以后随着胁迫时间的延长胞间 CO_2 浓度降低,考虑到其光合速率也在降低,可以认为气孔导度的相应降低是胞间 CO_2 浓度降低的主要原因。

表3 不同温度胁迫下番茄幼苗的光合指标

Table 3 Impact of temperature stress on photosynthetic index of tomato seedling

温度/ Temperature	胁迫时间/d Day stressed	$P_n/$ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	$G_s/$ ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	$C_i/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2})$
15/10	1	3.86	142.3	416.2
	3	10.35	341.8	697.0
	5	9.20	277.6	608.2
	7	8.59	191.3	547.1
	9	7.90	173.3	533.6
	11	5.70	166.3	427.0
	13	3.41	51.5	298.0
25/20	1	4.78	223.2	304.0
	3	6.65	232.4	405.2
	5	7.04	236.5	415.1
	7	7.63	269.4	429.0
	9	7.45	324.0	462.0
	11	7.83	335.6	503.0
	13	8.16	350.3	559.8
35/30	1	2.43	216.7	471.4
	3	9.15	506.9	603.0
	5	8.83	180.9	597.7
	7	8.25	95.4	569.8
	9	7.10	74.0	545.5
	11	4.98	50.8	362.7
	13	4.13	34.8	305.5

2.4 温度胁迫对番茄转化酶活性的影响

由表4可以看出,番茄幼苗叶片中可溶性转化酶(SA I和N I)水平一般高于根系;同一器官中,叶片SA I和N I的表达水平一般高于胞壁转化酶(CW I),SA I表达水平一般明显高于N I水平。

2.4.1 可溶性转化酶活性 在常温(25/20)条件下,幼苗叶片和根系中的SA I和N I的表达水平随苗龄的增长大多表现为先上升后下降的趋势。在胁迫温度下,根系中SA I和N I的水平变化也基本符合这一规律;而叶片中转化酶水平变化则多表现为先下降再上升的趋势。

在亚低温(15/10)条件下,胁迫3 d叶片中

SA I和N I活性比胁迫1 d分别降低76.5%和91.1%,而根系中SA I和N I活性分别升高43.4%和6.2%;胁迫5 d比胁迫3 d叶片中SA I活性降低19.8%,N I酶活性增加4.0%,而根系中SA I和N I活性分别降低35.4%和92.3%;大约在胁迫至7 d前后,叶片和根系中SA I和N I活性又出现上升趋势;在胁迫至11 d,SA I和N I活性又出现新的高峰。

在亚高温(35/30)条件下,胁迫3 d叶片中SA I和N I活性比胁迫1 d分别降低81.4%和74.3%,根系中SA I活性降低68.7%,N I活性升高23.6%;胁迫5 d比胁迫3 d叶片中SA I增加94.6%,N I活性降低80.2%,而根系中SA I和N I活性分别

降低 74.8% 和 66.2%。

在高温(45/40)条件下胁迫 1 d, 叶片中 SA I 和 N I 活性分别比常温下提高 72.8% 和 19.5%, 根系中 SA I 和 N I 活性分别比常温下提高 13.9% 和 115.7%; 胁迫 3 d, 叶片中 SA I 和 N I 活性分别比常温下提高 75.0% 和 19.5%, 根系中 SA I 和 N I 活性分别比常温下提高 141.6% 和 155.8%。

在低温(10/5)条件下胁迫 1, 3, 5, 7 和 9 d, 叶片中 SA I 活性分别为常温下的 140.8%, 91.1%, 116.5%, 173.2% 和 110.8%, 叶片中 N I 活性分别为常温下的 133.1%, 65.0%, 78.5%, 214.3% 和 107.3%; 根系中 SA I 活性基本上低于常温下。

表 4 不同温度胁迫下番茄叶片和根系中的转化酶活性水平

Table 4 Impact of temperature stress on invertase activities in leaves and roots of tomato seedling								
试验 Trial	温度/ Temperature	胁迫时间/d Day stressed	转化酶活性/($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$) Activity of invertase					
			可溶性酸性转化酶 SA I		可溶性碱性转化酶 N I		胞壁转化酶 CW I	
			叶片 Leaf	根系 Root	叶片 Leaf	根系 Root	叶片 Leaf	根系 Root
1	15/10	1	5 241.3	1 093.8	3 690.4	506.9	393.7	874.3
		3	1 231.5	1 568.9	329.9	538.2	315.2	1 387.7
		5	988.1	1 014.1	343.1	41.5	361.2	448.6
		7	—	—	—	—	—	—
		9	1 716.5	—	541.9	—	524.6	—
		11	2 866.2	1 237.4	1 019.5	264.7	874.6	1 452.8
		13	2 032.9	583.0	859.1	162.8	985.7	1 256.6
	25/20	1	—	—	—	—	—	—
		3	1 308.7	584.1	583.1	41.5	285.2	938.5
		5	1 900.5	752.8	463.0	436.5	446.7	933.7
		7	—	—	—	—	—	—
		9	1 038.6	—	157.8	—	674.8	—
		11	1 128.8	800.2	326.8	483.9	682.8	779.6
	35/30	13	2 505.7	613.2	1 296.3	429.0	1 218.1	1 433.3
		1	3 542.1	930.7	1 678.3	22.9	335.1	729.7
		3	660.1	291.3	430.7	28.3	263.1	1 284.0
		5	1 284.7	73.4	85.1	9.57	632.4	479.6
		7	—	—	—	—	—	—
		9	1 603.4	—	597.4	—	809.4	—
		11	2 769.6	785.1	464.4	167.8	1 208.1	1 033.7
		13	5 629.3	367.0	1 862.0	46.1	1 633.5	944.2
2	10/5	1	1 766.0	260.6	453.4	79.8	244.3	354.5
		3	1 349.8	188.8	300.3	21.5	725.9	769.5
		5	1 981.5	238.2	388.1	53.9	1 519.2	1 178.9
		7	3 085.3	392.0	1 194.5	181.0	1 225.2	981.9
		9	2 055.5	259.7	530.4	162.1	1 509.3	1 424.4
	25/20	1	1 254.0	327.1	340.7	64.2	247.5	397.1
		3	1 481.7	270.2	461.8	72.9	762.1	1 068.5
		5	1 700.3	322.4	494.2	98.8	1 688.5	822.7
		7	1 781.7	291.6	557.3	117.8	1 055.3	591.4
		9	1 854.9	1 252.3	494.2	99.2	1 404.4	884.5
	45/40	1	2 167.0	372.7	407.2	138.5	240.1	398.4
		3	2 362.6	652.8	470.5	186.5	1 649.9	1 151.2

注: — 表示未检测。
Note: - . indicates not assayed

2.4.2 胞壁转化酶活性 由表 4 可以看出, 在常温(25/20)条件下, 幼苗叶片中胞壁转化酶(CW I)活性随苗龄的增加呈逐渐增加的趋势, 而在根系中

变化较复杂。在亚低温(15/10)胁迫下, 大约以胁迫 5 d 为界, 之前幼苗叶片中的 CW I 活性缓慢降低, 其后则逐渐增加, 胁迫至 11~ 13 d 时酶活性达到较

高水平;根系中CW I活性的变化较为复杂,胁迫至11~13 d时酶活性达到较高水平。在亚高温(35/30)条件下,叶片中CW I活性在胁迫1~3 d内处于低水平,胁迫5~9 d内处于中水平,胁迫至11~13 d达到高水平;根系中CW I活性变化复杂,胁迫至11~13 d时酶活性达到较高水平。在低温(10/5)条件下,胁迫1~5 d内,叶片和根系中CW I活性均呈急剧增加趋势;胁迫至5~9 d时酶活性基本稳定在高水平。在高温(45/40)条件下胁迫1~3 d,叶片和根系中CW I均急剧上升,胁迫3 d时较常温下分别增加116.5%和7.7%。

3 结论与讨论

3.1 温度胁迫对番茄叶片光合速率、气孔导度和胞间CO₂浓度的影响

在亚低温(15/10)和亚高温(35/30)下胁迫1 d后,番茄叶片的光合速率、气孔导度和胞间CO₂浓度均急剧上升,并明显高于常温,这可能是植株对温度逆境应激性反应的结果。随着温度胁迫时间的延长,3个光合指标缓慢下降;在亚高温下持续胁迫至5 d,亚低温下持续胁迫至7 d时,番茄叶片气孔导度开始低于常温下;在亚高温下持续胁迫至9 d时,亚低温下持续胁迫至11 d时,番茄叶片光合速率和胞间CO₂浓度开始低于常温下。持续温度胁迫下光合速率、气孔导度和胞间CO₂浓度的降低,可能由于温度胁迫使气孔阻力增大,也可能与番茄为适

应温度逆境而减少水分蒸腾有关^[2]。

3.2 温度胁迫对番茄叶片光合色素含量的影响

不同温度胁迫对番茄叶片光合色素含量有不同程度的影响。在低温(10/5)和亚低温(15/10)胁迫下光合色素含量下降;在亚高温(35/30)胁迫下光合色素含量增加,且随胁迫时间的延长光合色素含量增幅有加大的趋势;但短时间(3 d)的高温(45/40)胁迫可使光合色素含量明显降低。亚高温下光合色素的增加可能与胁迫条件下叶片含水量减少和花青素含量的增加有关。但高温胁迫下叶片光合色素含量下降,可能由于叶绿素分子结构破坏,致使叶绿素分解所致。

3.3 温度胁迫对番茄转化酶表达水平的影响

温度胁迫对番茄转化酶活性的影响较为复杂,持续的温度胁迫总体上使番茄幼苗叶片和根系CW I及SA I和N I活性增加。与SA I比较,N I变幅较大。苗龄小,对逆境应激性反应强,转化酶活性表达水平也较高。在胁迫条件下,幼苗根系中CW I活性一般较叶片中高;SA I活性一般高于N I,且幼苗叶片中转化酶活性显著高于同株根系中转化酶活性。相同苗龄番茄对高温胁迫较对低温胁迫敏感。程智慧等^[1]研究表明,番茄在盐分胁迫下,叶片转化酶活性升高,可能是番茄对盐分逆境适应性的一种反应。本研究表明,番茄在高温和低温逆境下也可以诱导转化酶活性水平的升高,这样可能有利于小分子可溶性糖的增加^[3-5,8-10],从而增强植株对逆境的抗性。

[参考文献]

- [1] 程智慧,孟焕文,Scholes J D,等.水分胁迫对番茄幼苗转化酶表达及糖代谢的影响[J].园艺学报,2002,29(3):278-279
- [2] 程智慧,孟焕文,Scholes J D,等.水分胁迫对番茄叶片气孔导度传导及光合色素的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2002,30(6):93-97.
- [3] Yang J, Zhang J, Wang Z H. Activities of enzymes involved in sucrose-to-starch metabolism in rice grains subjected to water stress during filling[J]. Field Crops Research, 2003, 81: 69-81.
- [4] 杨景华,张明方.植物蔗糖代谢关键酶的研究进展[J].细胞生物学杂志,2002,24(6):359-364
- [5] 潘秋红,张大鹏.植物转化酶的种类特性与功能[J].植物生理学通讯,2004,40(3):275-280
- [6] Scholes J D, Bundock N, Wilde R, et al. The impact of reduced vascular invertase activity on photosynthetic and carbohydrate metabolism of tomato[J]. Planta, 1996, 200: 265-272
- [7] 熊福生,高煜珠.植物叶片蔗糖、淀粉积累与其降解酶活性关系研究[J].作物学报,1994,20(1):455-463
- [8] 王有年,杜方,于同泉,等.水分胁迫对桃叶片碳水化合物及其相关酶活性的影响[J].北京农学院学报,2001,16(4):11-16
- [9] 齐红岩,李天来,张洁.亏缺灌溉对番茄蔗糖代谢和干物质分配及果实品质的影响[J].中国农业科学,2004,37(7):1045-1049
- [10] 刘永忠,李道高.柑橘果实糖积累与蔗糖代谢酶活性的研究[J].园艺学报,2003,30(4):457-459

(下转第52页)

and the colour degree of fruit was increased. The fruit-diameter-growth rate, the weight of single fruit and the weight of per bag were not changed notably. The solid content of fruit was not changed remarkably, but that of WFB (the white plastic film bag) was significantly higher than that of RFB (the red plastic film bag). Some nutritive components were not changed notably, including the soluble sugar, lycopene measured with pericarp, free amino acids, soluble protein and sugar/acid ratio. Compared with CK, with RFB, the content of lycopene measured without pericarp and Vitamin C were increased remarkably; while with the other four types of bags, the two indexes were not changed remarkably. The content of organic acid was increased significantly with WPB (white paper bag), while with the other four types of bags, the index was not changed remarkably. With the fruit bagging, the low-temperature injury degree of fruit was lightened, the grey mold rate was reduced but the fusarium fruit rot rate was increased. The effect of different types of bags on the early blight rate was not obvious. In comprehensive consideration, this paper suggested that WFB be chosen firstly, then PFB (the purple plastic film bag) and RFB, FFB (the freshness-keeping plastic film bag) and WPB are not suitable for the season.

Key words: fruit bagging; tomato; growth of the fruit; micro-environment; quality of the fruit

(上接第46页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)12-0041-EA

Impact of temperature stress on invertase expression and photosynthetic characteristic in tomato plant

MENG Huan-wen, CHENG Zhi-hui, WU Yang, DONG Zhi-gang, ZHI Yu-xi

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The impact of temperature stress at different levels of 10/5, 15/10, 25/20, 35/30, 45/40 on invertase expression in leaves and roots, and photosynthetic characteristics in tomato seedling cv. Zhongza No. 9 were studied. The results showed that the seedling growth dropped in root weight and top weight under temperature stress. The contents of photosynthetic pigments, both chlorophyll and carotenes, reduced under both low (10/5) and sub-low (15/10) temperature stress, but increased under sub-high (35/30) temperature stress. In comparison to the normal temperature (25/20) treatment, stomata conductance and photosynthetic intensity during temperature stress were in the trend of dropping at the beginning, rising for a while and then gradually decreasing in accordance with the lasting of stress. The activities of both soluble invertase and cell wall bound invertase were increased under continual temperature stress.

Key words: tomato; temperature stress; invertase; Intensity of photosynthesis; stomata conductance