

甜瓜属野生种耐铝盐胁迫的初步研究

王永平^{1,2}, 史红林¹, 陈劲枫²

(1 江苏农林职业技术学院, 江苏镇江 212400 2 南方蔬菜遗传改良重点开放实验室, 南京农业大学, 江苏南京 210095)

摘要 [目的]初步研究甜瓜属野生种耐铝盐胁迫的能力。[方法]以甜瓜属野生种和3个不同类型的栽培种黄瓜为供试材料, 研究铝盐胁迫下叶片中POD活性、SOD活性、电解质外渗率、丙二醛(MDA)、脯氨酸(Pro)、可溶性糖含量等生理指标的变化。[结果]甜瓜属野生种的POD活性、SOD活性、脯氨酸含量和可溶性糖含量均高于3种栽培种黄瓜, 电解质外渗率和MDA含量均低于3种栽培种黄瓜, 这表明甜瓜属野生种的耐铝胁迫性强于栽培种黄瓜。[结论]该研究为利用甜瓜属野生种改良栽培种黄瓜种的研究奠定了基础。

关键词 甜瓜属野生种; 栽培种黄瓜; 铝盐胁迫; 生理指标

中图分类号 S652 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2011)07-03893-03

Preliminary Study on the Adaptability of *Cucumis hystrix* Chakr. under Aluminum Salt Stress

WANG Yong-ping et al. (Jiangsu Polytechnic College of Agriculture and Forestry, Zhenjiang Jiangsu 212400)

Abstract [Objective] The study was to research the adaptability of *Cucumis hystrix* Chakr. under aluminum salt stress. [Method] Using *Cucumis hystrix* Chakr. and three types of cultivated cucumber as tested materials, the change of physiological indexes including POD activity, SOD activity, electrolyte leakage and the content of malondialdehyde (MDA), proline (Pro) and soluble sugar were studied. [Result] The POD activity, SOD activity, proline content and soluble sugar content of *Cucumis hystrix* were higher than those of cultivated cucumbers, while electrolyte leakage and MDA content were lower, and it showed that *Cucumis* had better adaptability under aluminum salt stress. [Conclusion] Our study could lay a foundation for the improvement of cultivated cucumber by means of *Cucumis hystrix*.

Key words *Cucumis hystrix* Chakr.; Cultivated cucumber; Aluminum salt stress; Physiological index

甜瓜属 (*Cucumis*) 属于葫芦科 (Cucurbitaceae), 依据地理起源和染色体基数关系, 可分为甜瓜亚属和黄瓜亚属。甜瓜亚属由起源于非洲、染色体基数为 $x=12$ 的 29 个种组成, 而黄瓜亚属仅由起源于亚洲、染色体基数为 $x=7$ 的 1 个种组成。Chen 等^[1] 从云南省西双版纳地区采集到一种甜瓜属野生种 (*Cucumis hystrix* Chakr.), 通过染色体计数, 发现其染色体数为 $2n=24$ 与甜瓜亚属 (*C. melon*) 的染色体数一致, 确定为甜瓜亚属。罗向东等^[2] 曾对该甜瓜属野生种的农艺性状进行了观察, 发现其平均节长 (4.8 ± 2.7) cm, 茎直径 (0.3 ± 0.1) cm, 侧枝数 (12 ± 2), 叶面积 (102.1 ± 13.9) cm², 子房长 (1.2 ± 0.4) cm, 果实质量 (11.2 ± 4.3) g, 果实长度 × 直径 (5.5 × 2.2) cm, 叶片深绿色, 果实绿色, 果刺黑色。该种为典型的短日照植物, 连续短光照处理 40 d 后开始出现雄蕾, 50 d 后有少量的雌蕾出现, 65~75 d 后开始有雌雄花开放, 第一雌花节位位于 20 节左右; 而不经短光照处理的对照组, 夏季通常不开花, 推迟到 10 月下旬才有雌雄蕾出现^[2]。此外, 甜瓜属野生种还具有耐低温^[3]、弱光^[4]、抗霜霉病^[5]、根结线虫病^[6] 等优良特性。目前, 对该种铝盐胁迫的研究未见报道。因此, 笔者对甜瓜属野生种的耐铝盐胁迫进行初步研究, 以期为进一步利用甜瓜属野生种的优良性状改良栽培种黄瓜奠定基础。

1 材料与方

1.1 材料 甜瓜属野生种于 1995 年从云南省西双版纳地区采集, 并经过多年繁育; 栽培种黄瓜为 3 个不同生态类型的品种, 分别为 7401S (华北型)、5414F (华南型) 和 6435F (温室型)。

1.2 方法 将甜瓜属野生种、7401S、5414F 和 6435F 种子分别播于装有营养土的塑料钵中, 3 次重复, 铝胁迫处理于苗期

进行, 采用 0.1 mol/L AlCl₃ (pH 值 4.3) 的 Hoagland 培养液连续浇灌 3 次^[7], 分别在胁迫处理前及处理后的 12、24、36 和 48 h 取植株叶片样品, 每处理随机取 5 株, 将叶片剪碎后充分混合取样, 用于各项生理指标的测定。

1.3 测定指标 叶绿素含量测定参考张志良的方法^[8]; 脯氨酸 (Pro) 和可溶性糖含量测定参考李合生的方法^[9]; 丙二醛 (MDA) 含量测定参考白玉璋等的方法^[10]; 电解质外渗率测定参考刘鸿先等的方法^[11]; SOD 活性测定采用氮蓝四唑 (NBT) 法^[12]; POD 活性测定采用愈创木酚法^[13]。

1.4 数据分析 试验数据采用邓肯氏新复极差法进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 POD 活性 由图 1a 可见, 随着胁迫时间延长, 野生种和 3 个黄瓜品种的 POD 活性均呈现下降趋势, 只有 5414F 在 36 h 时有短暂的小幅度回升, 野生种 POD 活性始终高于 3 个栽培种黄瓜。铝胁迫处理 48 h 后, 野生种 POD 酶活性下降了 30.5%, 而 7401S、5414F 和 6435F 分别下降了 50.3%、42.2% 和 40.1%, 即逆境中野生种 POD 酶活性下降幅度均低于 3 个栽培种黄瓜。这说明野生种具有较强的清除植株体内超氧阴离子自由基的能力。

2.2 SOD 活性 由图 1b 可知, 胁迫过程中野生种和 3 个黄瓜品种的 SOD 酶活性均呈逐渐下降趋势。铝胁迫处理 48 h 后, 野生种 SOD 活性高于 3 个栽培种黄瓜, 野生种 SOD 活性下降了 40.8%, 而 7401S、5414F 和 6435F 则分别下降了 49.3%、61.7% 和 55.2%, 即逆境中野生种 SOD 活性的下降幅度均低于 3 个栽培种黄瓜。可见, 野生种能够更好地保持原生质体的稳定性, 从而表现出较强的抗胁迫能力。

2.3 电解质外渗率 电解质外渗率的大小反映了质膜受伤害的程度。图 1c 表明, 野生种和栽培种黄瓜的电解质外渗率均随着胁迫时间的延长而增大。在铝胁迫处理前 (0 h), 野生种、7401S、5414F 和 6435F 的电解质外渗率分别为 17.5%、

基金项目 国家自然科学基金项目 (30671419)。

作者简介 王永平 (1961-), 男, 江苏宜兴人, 教授, 从事园艺植物遗传与育种研究, E-mail: wpy1961@126.com。

收稿日期 2010-12-09 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

17.2%、18.1%和15.4%；胁迫处理48h后，电解质外渗率分别上升为22.7%、27.1%、28.8%、21.8%，分别增加了29.7%、57.6%、42.5%、41.6%。虽然野生种的电解质外渗率在胁迫前后均大于6435F(温室型)，但其增幅低于3个栽培种黄瓜，表明野生种质膜的稳定性强于3个栽培种黄瓜。

2.4 MDA含量 由图1d可见，铝胁迫处理前(0h)，野生种MDA含量为7.0 μmol/g(FW)，高于6435F而小于7401S和5414F。胁迫处理后，野生种和栽培黄瓜MDA含量均呈逐步上升趋势。胁迫处理48h后，野生种MDA含量为13.1 μmol/g(FW)，小于3个栽培种黄瓜，较处理前增幅为87.1%，小于7401S(115.0%)、5414F(168.0%)和6435F(153.0%)，这表明野生种膜脂受过氧化伤害程度小。

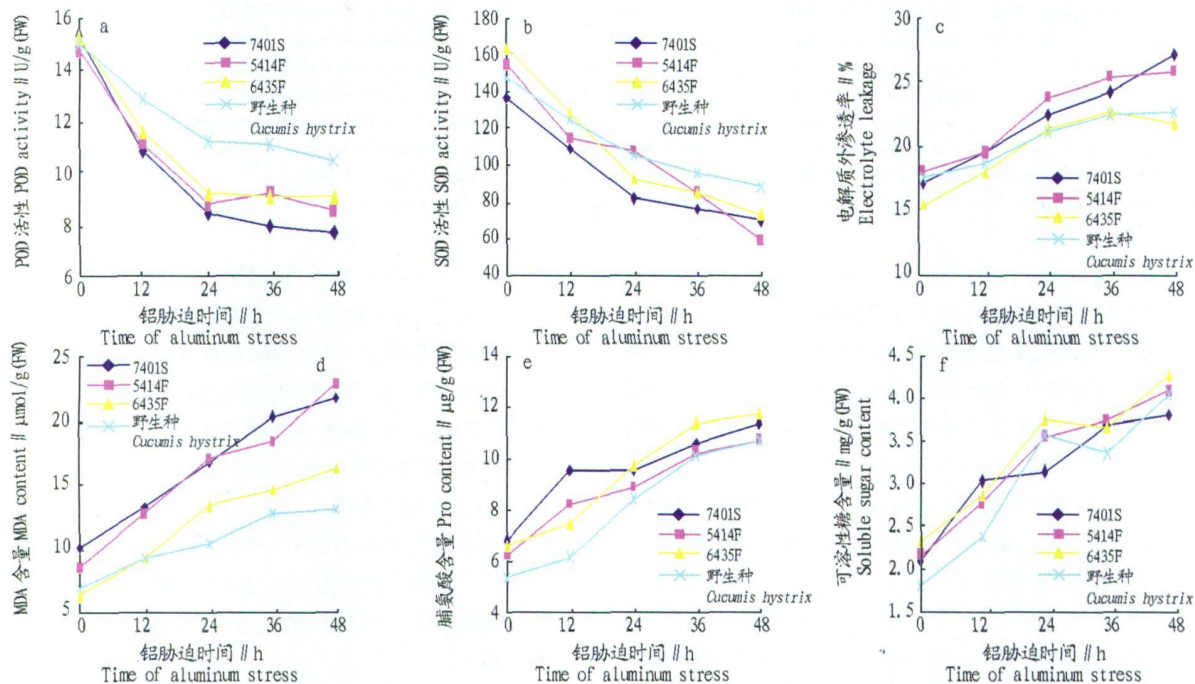


图1 铝胁迫下野生种和栽培种黄瓜叶片POD活性(a)、SOD活性(b)、电解质外渗率(c)、MDA含量(d)、Pro含量(e)和可溶性糖含量(f)的变化

Fig 1 Changes of POD activity (a), SOD activity (b), electrolyte leakage (c), MDA content (d), Pro content (e) and soluble sugar content (f) in leaves of *Cucumis hystrix* and cultivated cucumber under aluminum salt stress

3 结论与讨论

(1)在逆境胁迫下，活性氧(ROS)的积累是植物遭受伤害的重要因素^[14]，正常的生理状态下，它们可以被植物本身的抗氧化系统如超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)等清除^[15]，而当植物遇到逆境胁迫时，ROS的产生速度大大提高，SOD、POD等酶活性下降，造成ROS大量积累，从而对植物造成伤害。该研究表明，铝胁迫处理48h后，甜瓜属野生种的SOD、POD活性高于3个栽培种黄瓜，而活性下降幅度低于3个栽培种黄瓜，这表明野生种具有较高的清除ROS能力，对铝胁迫具有较强的适应性。

(2)细胞膜系统是植物遭受伤害的敏感部位^[16]，逆境胁迫下细胞膜遭到破坏，膜透性增大，导致细胞内部的原生质外渗。Pro和可溶性糖作为细胞渗透调节物质，对植物适应逆境具有重要的生理作用。在逆境条件下，Pro大量积累，维持原生质体渗透势的平衡，待逆境解除后还参与叶绿素的合成。可溶性糖在逆境中对细胞膜和原生质胶体也有重要的稳定作用，可以缓解盐离子大量进入细胞造成植株失水而

2.5 Pro含量 Pro是植物体内重要的渗透调节物质和抗氧化物质。由图1e可知，铝胁迫处理后，野生种和3个栽培种黄瓜叶片内Pro含量持续增加，48h后野生种的脯氨酸含量虽然低于7401S和6435F，但较胁迫处理前增幅为102.0%，远高于7401S(67.6%)、6435F(80.0%)和5414F(72.6%)，表明野生种调节脯氨酸的能力较强。

2.6 可溶性糖含量 可溶性糖也是植物体内一种重要的渗透调节物质。由图1f可见，铝胁迫处理前野生种的可溶性糖含量均低于5414F、6435F和7401S。胁迫处理48h后，野生种的可溶性糖含量仍小于5414F和6435F，但相比处理前增幅为127.9%，远高于7401S(83.5%)、5414F(91.1%)和6435F(84.3%)，这表明野生种调节可溶性糖的能力较强。

带来的伤害，以及由此引发的一系列次生伤害^[17]。同时Pro和可溶性糖对蛋白质有一定的保护作用，可防止酶脱水，兼作酶的保护剂^[18]。该研究表明，甜瓜属野生种与栽培种黄瓜的Pro和可溶性糖含量在逆境胁迫前后差异不明显，这可能是由种质材料的差异造成的，而野生种Pro和可溶性糖含量的增幅高于3个栽培种黄瓜，MDA和电解质渗透率也低于3个栽培种黄瓜，也表明野生种的渗透调节能力和质膜稳定性较强，对铝胁迫环境具有更好的耐性。

(3)另外，浇灌含有 $AlCl_3$ 的培养液后，野生种的生长势恢复比栽培种黄瓜要快，这也表明野生种对铝胁迫具有较好的耐性。因此，可以初步判定甜瓜属野生种耐铝胁迫性要强于3个栽培种黄瓜，但野生种是否真正具有耐高浓度铝盐胁迫的能力，其耐铝胁迫力是否强于一般栽培种黄瓜，还有待进一步分析研究。

参考文献

- [1] CHEN J E, STAUD J E, TASHIRO Y, et al. Successful interspecific hybridization between *Cucumis sativus* L. and *C. hystrix* Chakr[J]. *Euphytica* 1997, 96: 413-419

[2] 罗向东,戴亮芳,陈龙正,等.野黄瓜(*Cucumis hystric* Chakr.)与3种不同基因型栽培黄瓜(*C. sativus* L.)种间杂交及杂种鉴定[J].武汉植物学学报,2006 24(3): 207-211

[3] 庄飞云,陈劲枫,钱春桃,等.甜瓜属种间杂交新种及其后代对低温的适应性反应[J].南京农业大学学报,2002 25(2): 27-30

[4] 钱春桃,陈劲枫,庄飞云,等.弱光条件下甜瓜属种间杂交新种的某些光合特性[J].植物生理学通讯,2002 38(4): 336-338

[5] 曹清河,陈劲枫,钱春桃,等.黄爪抗霜霉病异源位系CT-01的筛选与鉴定[J].园艺学报,2005 32(6): 1098-1101

[6] 陈劲枫,林茂松,钱春桃,等.甜瓜属野生种及其与黄爪种间杂交后代抗根结线虫初步研究[J].南京农业大学学报,2001 24(1): 21-24

[7] CANCADO G M A, LOGUERCIO L L, MARTINS P R H. Hematoxylin staining as a phenotypic index for aluminum tolerance selection in tropical maize (*Zea mays* L.) [J]. Theor Appl Genet 1999 99: 747-754

[8] 张志良.植物生理学实验指导[M].2版.北京:高等教育出版社,1990 76-79

[9] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000 35-39

[10] 白宝璋,汤学军.植物生理学测试技术[M].北京:中国科学技术出版

社,1993 132-135

[11] 刘鸿先,曾韶西,王以柔.低温对不同耐寒力的黄瓜幼苗子叶各细胞器中超氧化物歧化酶(SOD)的影响[J].植物生理学报,1985 11(1): 48-57

[12] 李合生,孙群,赵世杰.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000

[13] 徐胡莱,叶茂炳.过氧化物酶活力连续记录测定法[J].南京农业大学学报,1989 12(3): 82-83

[14] 段伟,李新国,孟庆伟,等.低温下的植物光抑制机理[J].西北植物学报,2003 23(6): 1017-1023

[15] APEL K, HIRT H. Reactive oxygen species metabolism, oxidative stress and signal transduction [J]. Annual Rev Plant Biol 2004 55: 401-427

[16] LIU K L, HAN H R, XU Y J. Exogenous nitric oxide alleviates salt stress induced membrane lipid peroxidation in rice seedling roots [J]. Chinese J Rice Sci 2005 19(4): 333-337

[17] 刘祖祺,张石城.植物抗性生理学[M].北京:中国农业出版社,1994

[18] 蒋明义,郭绍川,张学明.氧化胁迫下水稻体内积累的脯氨酸的抗氧化作用[J].植物生理学报,1997 23(4): 347-352

(上接第 3892页)

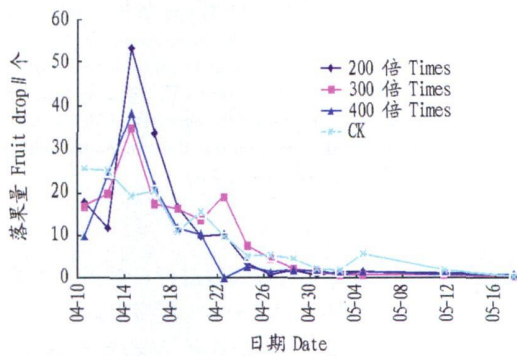


图 1 不同浓度疏果灵处理的德宏柠檬落果动态变化
Fig 1 The dynamic change of fruit drop of Dehong lemon under different concentration of "Shuguolin"

后,使用 20Q 30Q 400 倍的疏果灵疏果,落果较早,疏果效应好,而在施用的 3 个不同浓度处理中,200 倍液处理落果数最多,持续落果时间最短,疏果效应最好。

2.3 落果动态及多重比较 由表 1 可知,施用疏果灵后,落

Table 1 The dynamic change of fruit drop of lemon under different treatments

处理	4月10日	4月12日	4月14日	4月16日	4月18日	4月20日	4月22日	4月24日	4月26日	4月28日	4月30日	5月2日	5月4日	5月11日	5月17日
Treatment	April 10	April 12	April 14	April 16	April 18	April 20	April 22	April 24	April 26	April 28	April 30	May 2	May 4	May 11	May 17
200倍	17.8 b	11.7 c	53.7 a	33.8 a	16.8 a	9.7 c	10.2 b	3.3 c	0.7 d	2.0 b	0.8 c	1.3 ab	1.5 b	1.2 b	0.8 a
300倍	17.0 b	20.0 b	35.2 b	17.5 b	16.2 a	13.5 b	19.3 a	7.7 a	4.8 b	2.2 b	1.5 b	0.8 b	1.0 b	1.0 b	0.5 ab
400倍	9.7 c	23.8 ab	38.5 b	21.7 b	11.7 b	10.3 c	5.7 c	2.8 c	1.3 c	1.8 b	1.7 ab	1.0 b	1.3 b	1.0 b	0.7 a
CK	25.5 a	25.2 a	19.5 c	20.5 b	11.0 b	15.7 a	9.7 b	5.3 b	5.5 a	4.8 a	2.3 a	1.7 a	5.7 a	1.7 a	0.3 b

注:同列不同字母表示各处理间差异性显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different letters in the same column stand for significant difference ($P < 0.05$).

3 结论

(1) 研究结果表明,同一时期不同浓度疏果灵处理的柠檬落果高峰期均出现在喷施药剂后的 14 d 内,喷药处理落果高峰与自然落果高峰出现在同期。说明疏果灵药剂施用对柠檬正常生态势无改变,对柠檬的落果生理高峰期影响不大,但会加速落果。

(2) 于花谢 2/3 后,幼果出现前,喷施 200 倍的疏果灵,对幼果的疏除效应明显,喷药处理落果集中,落果量增加,持续落果时间最短,能提前 14 d 结束落果。这在柠檬的反季节栽培中起到了很好的作用,可利于养份的快速转移,促进春梢的营养生长和养份积累,以便培养大量的秋果结果母枝。疏果

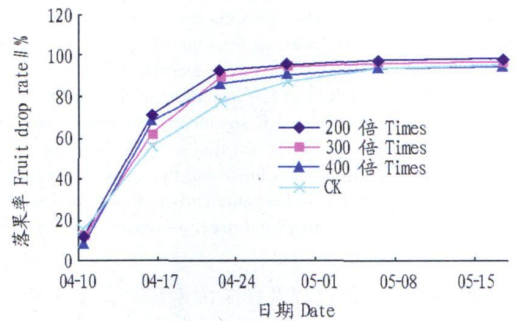


图 2 不同浓度疏果灵处理的柠檬落果率比较

Fig 2 The fruit drop rate of lemon under different concentration of "Shuguolin"

量明显增加,施用药剂 6 d 后(即 4 月 14 日)的落果量达到了最大;其中,疏果灵 200 倍液处理的落果量在 4 种处理中最多;经多重比较,200 倍液处理相应对照而言达到了极显著水平 ($P < 0.01$);疏果灵 300 倍和 400 倍液处理的落果量也比较明显,和对照相比差异性也达到了显著水平 ($P < 0.05$)。

表 1 不同处理柠檬落果动态变化及多重比较

灵浓度降低,疏果持续时间延长,从而影响养分的有效积累。因此,疏果灵在云南省德宏地区尤力克柠檬上的最佳应用浓度为 200 倍。

参考文献

[1] 岳建强,杨恩聪.优质柠檬早结丰产栽培新技术[M].昆明:云南科技出版社,2009

[2] 马加骥.柠檬栽培技术[J].果农之友,2004(6): 24-25

[3] 周齐铭,彭长江,计长远.柠檬栽培技术[M].成都:四川科学技术出版社,2005

[4] 杨恩聪,岳建强,高俊燕,等.德宏州柠檬产业现状及主要栽培技术[J].中国南方果树,2005 34(6): 29-30

[5] 郭宝林,杨俊霞,李帅英,等.疏果剂 PD₂对鸭梨疏果效应的研究[J].河北农业学报,2004 27(4): 48-51

[6] 高俊燕,周东果,岳建强.德宏柠檬生理落花落果的变化规律研究[J].西南农业学报,2008 21(2): 328-331