

环境胁迫与植物体内脯氨酸的关系

邢少辰

(四川农业大学水稻研究所 温江 611130)

蔡玉红

(邯郸农业高等专科学校农学系 永年 057150)

摘要 阐述了不同环境胁迫条件下不同植物体内脯氨酸的变化情况及其生理功能,并讨论了脯氨酸作为生理生化指标的可能性。

关键词 环境胁迫 脯氨酸 生理生化指标

Relationship between environmental stresses and proline in plant. Xing Shaochen (Institute of Rice Research, Sichuan Agricultural University, Wenjiang 611130), Cai Yuhong (Handan Agricultural College, Yongnian 057150), *EAR*, 1998, 6(2): 30~33.

Abstract The changes of accumulated proline under different environmental stresses and their physiological functions in plants are summarized. The possibility of proline to be used as a physio-biochemical index is discussed.

Key words Environmental stress, Proline, Physio-biochemical index

自1954年Kemble和Macpherson发现在水分胁迫时黑麦草(*Lolium perenne* L.)叶片可大量积累脯氨酸以来,对脯氨酸的研究倍受关注。脯氨酸广泛存在于各种植物中且在植物受环境胁迫时其含量发生异常变化。脯氨酸可能是伸展蛋白的前体,而伸展蛋白的合成对初生壁结构完整性和细胞壁中其他多聚体的装配极其重要,具有防御和抗病抗逆功能。植物体内脯氨酸合成主要来源于谷氨酸和鸟氨酸^[1]。脯氨酸对其自身合成有反馈抑制作用,一些物质如脱落酸等影响脯氨酸合成^[4]。Rudulie等^[6]用脱氧核糖核酸(DNA)重组技术已分离出包括控制合成脯氨酸的DNA片段,并在大肠杆菌中得到表达。本文阐述了不同环境胁迫造成脯氨酸积累的近期研究进展。

1 环境胁迫与脯氨酸的关系

植物为适应外界变化可在一定环境胁迫(如不利植物生长的干旱、冷害、高温、盐渍、病虫害等诸因素)范围内自我调节。大量研究表明,脯氨酸在植物自我调节过程中表现异常活跃。

1.1 干旱胁迫

Christine研究认为,缺水条件下紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)筛管内氨基酸积累的一个非常明显的变化是脯氨酸积累(约增加60倍)。许多植物有类似情况。有些研究认

为脯氨酸可作为抗旱性生理指标。吴林等的研究表明,柑桔(*Citrus* L.)等在干旱胁迫时脯氨酸含量上升,但苹果(*Malus pumila* Mill)叶片中脯氨酸变化不大。王邦锡等^[3]以不同种属的玉米(*Zea mays* L.)和高粱(*Sorghum vulgare* Pers.)不同碳(C)代谢类型的C₃植物小麦(*Triticum aestivum* L.)和C₄植物玉米、不同生态类型的钻天杨(*Populus nigra* var. *italica* Koehne)和细枝岩黄芪(*Hedysarum scoparium* Fisch. et Mey.)为材料,研究结果表明这些不同类型植物在干旱胁迫时,叶片中脯氨酸积累量与胁迫程度无相关关系,故不宜用脯氨酸积累量作抗旱生理指标。

干旱胁迫时脯氨酸积累的主要原因一是干旱抑制脯氨酸氧化,破坏脯氨酸氧化场所即线粒体,而阻止辅酶电子传递系统,且脯氨酸氧化产物又可能转化成脯氨酸,造成大量积累;二是脱水时蛋白质分解产生脯氨酸。Naylor^[4]用C¹⁴标记CO₂试验,在水分胁迫时抑制C¹⁴进入蛋白质,而进入游离脯氨酸的含量显著增加;三是水分胁迫时反馈抑制自身合成功能丧失;四是蛋白质合成受抑制而减少脯氨酸消耗量;五是K⁺促进脯氨酸积累。盐分引起水分胁迫(即生理干旱)时大量K⁺可能促使谷氨酸和丙氨酸向脯氨酸转化,尤其是丙氨酸转化为谷氨酸后再转化为脯氨酸^[7]。

1.2 冷胁迫

何若温的研究表明,冬天草莓(*Fragaria ananassa* Duch.)叶片中脯氨酸含量大增,占总游离氨基酸的30%以上;而夏天则只有痕量或无法测出,但富含谷氨酸。这与脯氨酸的合成相吻合,即夏天叶片中的谷氨酸在冬天合成脯氨酸,然后再从叶片中快速运往根部以使植株安全越冬。此外,越冬大白菜(*Brassica pekinensis* Rupr.)叶球中含有极丰富的游离脯氨酸,其含量超过盐生植物中贮量最高的泌盐植物的含量。但有研究认为在柑桔属(*Citrus* L.)植物中脯氨酸积累与抗冷性无关。也有研究指出水稻(*Oryza sativa* L.)花粉形成期遇低温时花粉中脯氨酸只有正常的1/6^[6]。

研究表明,冷胁迫时叶柄含糖量比叶片高1.5~2.0倍,而叶片抗冻性比叶柄高,这说明其抗冻性强弱除与糖有关外,还与其他因素有关,其中脯氨酸作用可能很重要,因为与其他氨基酸相比,脯氨酸在水中的溶解度最大,为162.3g/L,其水合作用可使植物在低温时提高原生质渗透压,防止水分散失,而起保护、保水作用,还可提高原生质胶体稳定性,是稳定物质代谢的决定因素^[5]。

1.3 盐分胁迫

土壤含盐量增加到一定程度即形成盐分胁迫,引起生理干旱和离子毒害。植物自身耐盐作用会积累大量脯氨酸。刘有良等研究指出,烟草(*Nicotiana tabacum* L.)细胞脯氨酸含量随NaCl浓度增加呈指数上升,以保持膨压,使保护酶和膜系统免受毒害。烟草耐盐诱导顺序可能为盐胁迫→脱落酸→基因表达→26KD蛋白质→脯氨酸积累→膜离子泵→耐盐性。大麦(*Hordeum vulgare* L.)、水稻等也有脯氨酸积累^[1]。但亦有报道认为脯氨酸积累与耐盐性无相关性。

盐分胁迫下脯氨酸大量积累原因的研究较多。汪良驹等证明无花果(*Ficus carica* L.)叶片中脯氨酸积累是由于盐分胁迫时脯氨酸的反馈抑制作用失效,使其生物合成增加。乙引等研究指出,外界胁迫很大程度上刺激了K⁺积累,但超过一定范围(阈值)后K⁺积累减缓,脯氨酸、甜菜碱等水溶性物质增加,并逐步取代K⁺在渗透调节中的作用。此外,不

同单价阳离子造成的脯氨酸积累不同。在同样渗透势下 K^+ 作用大大超过 Na^+ [4]。

Singh [6] 自 1983 年首次在烟草中发现盐胁迫蛋白以来,认为它在抗盐方面有重要作用,而在分子量为 20KD 的盐胁迫蛋白中有 40% 的羟脯氨酸和 11.3% 的脯氨酸。因此,脯氨酸与盐胁迫蛋白密切相关。

1.4 热胁迫

细胞溶质在热胁迫下对细胞具有保护作用。近年研究证明,脯氨酸和甘氨酸甜菜碱可依靠浓度变化保护一些酶免受热钝化 [6],起细胞热保护剂作用。因热胁迫常伴随干旱发生,故脯氨酸积累中,二者贡献比例尚无报道。有研究表明,仅在缺水时高温才导致大麦积累脯氨酸。植物花粉从基质中摄取大量脯氨酸以改善热胁迫下花粉活力。高温时脱落酸可促进脯氨酸积累,且诱导玉米苗产生热激蛋白。因此脯氨酸积累与脱落酸、热胁迫密切相关。此外还证明热激蛋白可减轻热胁迫造成的危害 [4]。

2 脯氨酸积累的生理功能

脯氨酸作为渗透调节物质和细胞质渗透物质,当植物受环境胁迫时可保持膨压。脯氨酸水溶解度最大,有助于增加细胞持水力,对原生质起保护与保水作用。此外,还与各种酶及膜结构有一定关系,可能是细胞溶质酶和膜结构的保护剂;脯氨酸积累可作贮存 N 源,待干旱解除后可重新用于合成叶绿素。亦可作解毒剂解除胁迫时植物自身产生的 N 危害;脯氨酸积累可稳定大分子化合物,对植物组织分化和发育有重要作用 [7];脯氨酸可提供能量、还原力、C 骨架并有许多保护功能 [5]。研究表明,脯氨酸被直接用于原生质体及特殊胶原类蛋白质合成;未掺入特殊蛋白质中的其余脯氨酸作为高能量能源被用于呼吸,直至完全转化为 CO_2 。

3 脯氨酸作为生理生化指标的可能性

生理指标应具备 2 个首要条件,即必须以已有的基础生理学和应用生理学知识为依托;生理指标应简便易用。目前脯氨酸研究与此条件尚有一定差距。其原因一是对脯氨酸积累现象是适应性反应,还是胁迫造成植物体伤害后的反应,尚缺乏有说服力的证据;二是植物体本身是一个复杂的平衡系统,各种结构、功能之间密不可分。其抗逆性是诸多因素长期进化、演变而形成的遗传适应性,仅用脯氨酸数量变化反映抗逆性大小不太全面;三是环境胁迫时除脯氨酸外,脱落酸、甜菜碱、多胺和糖类等变化也较明显。如张木清等认为甘蔗 (*Saccharum sinensis* Roxb.) 叶片中多胺可作抗旱品种鉴定参数。也有研究提出低温下叶片失绿速率可作鉴定水稻品种抗冷性指标之一;四是有研究认为在环境胁迫时,不是脯氨酸而其他氨基酸积累。如王黎明等研究山黧豆 (*Lathyrus quinquener vius* Litv. ex Kom) 在水分、盐和热胁迫下游离氨基酸的情况,发现不是脯氨酸而是以 DABA (2,4-二氨基丁酸) 为主的天门冬族游离氨基酸 [2]。鉴于此,脯氨酸作为抗逆性生理指标尚不成熟。但可考虑将脯氨酸积累作某些植物受胁迫 (尤其是干旱胁迫) 的生理参数之一。

已有研究认为,冷、盐和热胁迫造成脯氨酸积累均与水分胁迫有关,冷胁迫造成细胞失水,盐分胁迫造成生理干旱,热胁迫亦与水分胁迫密切相关。不同环境胁迫能诱导出某些相同的逆境蛋白 [6],亦反映了植物对不同环境胁迫的反应有某些共同机制。脯氨酸与逆境蛋白之间的关系尚有待于各相关学科进一步研究。

参 考 文 献

- 1 汤章诚. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的意义. 植物生理学通讯, 1984 (1): 15~21.
- 2 王黎明等. 水分胁迫、盐胁迫和热胁迫对林生山豆体内游离氨基酸含量的影响. 中国农业大学学报, 1996, 1(1): 23~27.
- 3 王邦锡等. 不同植物在水分胁迫下脯氨酸的累积与抗旱的关系. 植物生理学报, 1989, 15(1): 46~51.
- 4 张福锁主编. 环境胁迫与植物育种. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- 5 孟金陵等编著. 植物生殖遗传学. 北京: 科学出版社, 1995.
- 6 张福锁主编. 环境胁迫与植物营养. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- 7 Tang Zhangcheng. The accumulation of free proline and its roles in water-stressed sorghum seedlings. Acta Phytophysiological Sinica, 1989, 15(1): 105~110.

· 征订启事 ·

欢迎订阅 1998 年《生态农业研究》

订阅 1998 年《生态农业研究》每期定价 5.00 元/册, 全年 20.00 元。邮发代号: 18-158, 全国各地邮局均可订阅; 漏订者也可直接汇款至编辑部补订。本刊现有 1993、1994、1995、1996、1997、年合订本均为 20.00 元(含邮资), 需订购者请直接汇款至(050021)河北省石家庄市槐中中路 176 号《生态农业研究》编辑部(请在汇款单上注明订户详细地址及邮政编码, 并寄征订回单)。银行汇款请寄: 中国科学院石家庄农业现代化研究所; 开户银行: 河北省石家庄市工商银行裕华路办事处; 帐号: 215-02640007-803(请将征订回单随银行汇票一并汇出或来函说明)。

本刊编辑部

《生态农业研究》征订回单(可以复印)

订购单位全称				是否要发票	
详细地址				联系人	
邮 政 编 码		汇款方式	1. 邮局 2. 银行	汇款金额(大写)	佰 拾 元 ¥ . 元
订 购 册 数	1993 年合订本(20.00 元)		套	1996 年合订本(20.00 元)	套
	1994 年合订本(20.00 元)		套	1997 年合订本(20.00 元)	套
	1995 年合订本(20.00 元)		套	1998 年合订本(20.00 元)	套

●地址: 河北省石家庄市槐中中路 176 号《生态农业研究》编辑部 ●电话: (0311)5818007