

脯氨酸对玉米抗旱性影响的研究*

张 烈** 沈秀瑛 孙彩霞

(沈阳农业大学, 沈阳 110161)

摘 要 通过盆栽及室内试验, 在孕穗期和灌浆期进行土壤干旱胁迫处理, 研究了脯氨酸对玉米品种抗旱性的影响, 结果表明, 在土壤干旱胁迫前或胁迫解除复水后叶面喷洒脯氨酸(15 mg/kg)对提高玉米植株的抗旱性有益。

关键词 脯氨酸 玉米 抗旱性

在土壤干旱胁迫下玉米植株体内的物质代谢过程受到干扰, 蛋白质合成减少, 氨基酸大量游离, 尤其是脯氨酸含量的增加与玉米抗旱性的关系日益受到重视。鲍巨松等^[1]发现, 在不同生育期水分胁迫条件下, 玉米叶片积累脯氨酸的情况各不相同, 而且, 这种植株体内脯氨酸含量的多少只反映水分胁迫的程度, 与植株的抗旱性无关。这与 Singh 等(1972)提出的, 在干旱条件下植物体内游离脯氨酸的累积可作为禾谷类作物抗旱指标的理论相悖。但关于外源脯氨酸与玉米抗旱性关系研究的报道很少。本研究以玉米植株对土壤干旱胁迫及胁迫解除后的反应为核心, 联系最终的产量形成, 探讨外源脯氨酸与玉米抗旱性的关系, 旨在为完善玉米抗旱机制, 建立玉米抗旱栽培技术体系提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试材及处理

以玉米(*Zea mays* L.) 杂交种掖单 13 为试材, 盆栽种植。盆钵直径 34 cm, 高 30 cm, 土体 0.016 m³。盆土取自沈阳农业大学试验田, 播种前施优质农家肥 500 g/盆(折合 25 500 kg/hm²), 磷酸二铵 4 g/盆(204 kg/hm²), 大喇叭口期追施尿素 6 g/盆(306 kg/hm²)。5月2日播种, 9月20日收获。分别于开花期(7月16日)和灌浆期(8月3日)选择生长一致的植株喷洒脯氨酸(15 mg/kg), 通过停止浇水和减少供水量造成人为土壤干旱胁迫, 干旱持续 7 d, 然后取样并恢复浇水直到成熟。对照设喷洒等量清水的为 ck₂, 正常供水为 ck₁。另外在孕穗期(7月1日)选择植株进行同样处理, 在解除胁迫恢复灌水的当天叶面喷洒脯氨酸(15 mg/kg), 对照(ck₂)为喷清水的受胁迫植株, 研究脯氨酸在玉米胁迫解除复水后恢复生长中的作用。

1.2 取样及测定

取样或活体测定部位在孕穗期为上部第一片全展叶, 开花期和灌浆期为穗位叶。叶片相对含水量、饱和含水量、相对电导率、光合色素含量按张宪政等^[2]的方法测定, 叶片游离脯氨

1998-02-11 收稿。

* 农业部重点课题; ** 现在辽宁省农科院工作。

酸含量按张殿忠等^[3]的方法测定, 叶片气孔阻力和蒸腾速率用 LI-1600 型稳态气孔仪测定, 植株穗部性状及产量按常规方法测定。

脯氨酸对玉米叶绿体膜的修复作用: 称取 10g 洗净玉米鲜叶, 制备叶绿体悬浮液。取两组试管, 各加入 6 mL 叶绿体悬浮液, 然后一组加 10 mg/kg 300 μ L 蔗糖溶液(ck), 另一组加 10 mg/kg 300 μ L 脯氨酸溶液。间隔 2 h, 利用氧电极法^[2]测定光合放氧活性和希尔反应活性。

脯氨酸对玉米光合色素形成的作用: 选取均匀一致、生长良好的黄化玉米幼苗, 置于广口瓶中, 加入 Knob 完全营养液(以等摩尔浓度尿素或脯氨酸代替其中的氮源), 光下续培养 120 h 后测定光合色素含量。

2 结果与分析

2.1 外源脯氨酸对玉米叶片水分状况的影响

在土壤干旱胁迫下, 玉米叶片的相对含水量下降而饱和含水量上升。外施脯氨酸对干旱胁迫下玉米叶片的相对含水量和饱和含水量均有影响, 相对含水量在开花期和灌浆期分别比 ck₂ 高 4.00% 和 6.71%; 而饱和含水量分别比两个时期处理提高 4.86% 和 4.05%(表 1)。

玉米叶片的气孔阻力和蒸腾速率在土壤干旱胁迫下也有较大幅度的变化, 表现为气孔阻力增加而蒸腾速率下降, 而且随时间的延长变幅增大。经外源脯氨酸喷洒的植株在土壤干旱胁迫下, 二者的变化接近于 ck₂ 水平(表 2), 说明外源脯氨酸对玉米植株体内水分状况的影响主要不是通过气孔调节。

表 1 外源脯氨酸对土壤干旱胁迫下玉米叶片相对含水量和饱和含水量的影响

| 时期 | 处 理 | 相对含水量 (%) | 饱和含水量 (%) |
|-----|-----------------|--------------|--------------|
| 开花期 | ck ₁ | 91.22 | 331.09 |
| 开花期 | ck ₂ | 66.65 | 347.47 |
| 开花期 | 脯氨酸喷洒 | 69.32 | 364.37 |
| 灌浆期 | ck ₁ | 90.26 | 283.04 |
| 灌浆期 | ck ₂ | 65.70 | 346.82 |
| 灌浆期 | 脯氨酸喷洒 | 70.11 | 360.87 |

表 2 外源脯氨酸对土壤干旱胁迫下玉米叶片气孔阻力和蒸腾速率的影响

| 处理日数 (d) | 处 理 | 气孔阻力 ($s \cdot cm^{-1}$) | 蒸腾速率 ($H_2O \mu mol \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$) |
|-------------|-----------------|-------------------------------|--|
| 3 | ck ₁ | 3.260 | 4.847 |
| 3 | ck ₂ | 5.360 | 1.979 |
| 3 | 脯氨酸喷洒 | 5.403 | 2.076 |
| 5 | ck ₁ | 3.820 | 5.162 |
| 5 | ck ₂ | 23.63 | 0.928 |
| 5 | 脯氨酸喷洒 | 26.50 | 0.850 |

试验在灌浆期进行。

2.2 外源脯氨酸对玉米叶片细胞膜透性的影响

以相对电导率作为玉米叶片细胞膜的相对透性的指标。经外源脯氨酸处理的植株, 在土壤干旱胁迫下玉米叶片细胞膜的破损程度较小, 相对电导率低于 ck₂, 说明外源脯氨酸对细胞膜具有一定的保护作用, 但在两个时期其作用大小略有不同, 灌浆期的作用更大(表 3)。

2.3 外源脯氨酸对玉米叶片光合色素的影响

表 4 列出了在土壤干旱胁迫前与胁迫后一次喷洒脯氨酸对玉米叶片光合色素的试验结果。从表 4 中可以看出, 在胁迫前喷洒脯氨酸不如在胁迫解除恢复供水后喷洒的效果好。将脯氨酸加入到叶绿体的悬浮液中(对照加等浓度的蔗糖), 发现叶绿体的光合放氧活性和希尔

反应活性发生了明显的变化(表 5 和表 6)。脯氨酸可以使叶绿体的光合放氧活性提高。从希尔反应的结果看,对照是逐渐下降,而经脯氨酸处理的是逐渐升高。说明脯氨酸对叶绿体膜具有保护与修复作用。另外,外源脯氨酸也可促进黄化玉米幼苗叶片光合色素的形成,加速叶片的转绿(表 7)。

表 3 外源脯氨酸对土壤干旱胁迫下玉米叶片相对电导率的影响 %

| 处 理 | 时 期 | |
|-----------------|-------|-------|
| | 开花期 | 灌浆期 |
| ck ₁ | 16.15 | 16.06 |
| ck ₂ | 30.41 | 26.26 |
| 脯氨酸喷洒 | 27.73 | 21.01 |

表 4 土壤干旱胁迫前后一次喷洒脯氨酸对玉米叶片光合色素含量的影响 mg · g⁻¹

| 处 理 | 胁迫结束 | 复水第 3 天 |
|-----------------|--------|---------|
| ck ₁ | 18.550 | — |
| ck ₂ | 14.890 | 16.078 |
| 胁迫前喷洒 | 15.078 | — |
| 胁迫后喷洒 | — | 16.521 |

时期:灌浆期。

表 5 脯氨酸对玉米叶片叶绿体悬浮液光合放氧活性的影响 μmol · mg⁻¹ · h⁻¹

| 处 理 | 测定时间 | | | |
|-----|--------|--------|---|----|
| | 1 | 30 | 3 | 30 |
| ck | 2.6355 | 2.9376 | | |
| 脯氨酸 | 2.7650 | 3.0476 | | |

表 6 脯氨酸对玉米叶片叶绿体悬浮液希尔反应活性的影响 μmol · mg⁻¹ · h⁻¹

| 处 理 | 测定时间 | | | |
|-----|--------|--------|----|----|
| | 12 | 30 | 14 | 30 |
| ck | 2.9982 | 2.5593 | | |
| 脯氨酸 | 3.2208 | 3.5829 | | |

表 7 脯氨酸对玉米黄化幼苗叶片光合色素形成的影响

| 处 理 | 总叶绿素含量 增值 | |
|-----|-------------------------|-------|
| | (mg · g ⁻¹) | (%) |
| ck | 9.217 | 0.0 |
| 脯氨酸 | 12.008 | 30.28 |

2.4 外源脯氨酸对玉米产量构成的影响

子粒产量及产量构成因素测定结果表明,外源脯氨酸对提高玉米品种的抗旱性有明显作用,使穗重、穗粒重和百粒重都有所增加。在开花期和灌浆期土壤干旱胁迫条件下喷

表 8 外源脯氨酸对土壤干旱胁迫下玉米产量性状的影响

| 处 理 | 开花期 | | | 灌浆期 | | |
|-----------------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| | 穗重 | 穗粒重 | 百粒重 | 穗重 | 穗粒重 | 百粒重 |
| ck ₁ | 236.2 | 217.8 | 29.4 | 234.3 | 216.3 | 31.3 |
| ck ₂ | 186.1 | 168.1 | 34.3 | 209.4 | 189.7 | 28.4 |
| 脯氨酸喷洒 | 198.2 | 179.9 | 35.6 | 219.5 | 208.9 | 30.1 |

洒脯氨酸的植株,子粒产量(即穗粒重)分别比 ck₂ 增加 7.02% 和 10.12%;百粒重分别比 ck₂ 增加 3.79% 和 5.99% (表 8)。

3 讨论

50 年代 Kerble 等人发现在受旱的多年生黑麦草叶子中有游离脯氨酸累积,随后在许多种植物上发现了同样的现象^[4~7]。脯氨酸除参与渗透调节外,据悉其在适应干旱中尚有许多其他有利的作用^[8]。我们对外源脯氨酸处理对玉米抗旱性的影响作了研究,发现脯氨酸处理可以增加土壤干旱胁迫下玉米叶片的相对含水量和饱和含水量,但对气孔阻力与蒸腾速率的影响较小,这说明脯氨酸提高玉米抗旱性的主要机理在于增强了渗透调节,而非气孔因素。脯氨酸对于叶绿体功能的恢复具有很重要的意义,它也可能参与了叶绿素的形成。脯氨酸累积既是植

物对干旱逆境的一种反应,也是植物抵御干旱、维持自身正常生命活动的一种方式。无论是在干旱胁迫下或是在胁迫复水后,体内较高的脯氨酸含量都对提高植株的耐旱性和加速恢复生长有利。因此在今后抗旱药剂的研制中,可以考虑将其作为一种有效成分而加以利用。

参 考 文 献

- 1 鲍巨松等. 玉米在水分胁迫条件下脯氨酸变化与抗旱性的关系. 陕西农业科学, 1990(增): 37~39
- 2 张宪政等. 植物生理学实验技术. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1989, 89~133; 306~313; 329~351
- 3 张殿忠等. 游离脯氨酸含量测定方法. 植物生理学通讯, 1990(4): 62~65
- 4 Barnett N M, Naylor A M. Amino acid and protein metabolism in bermuda grass during water stress. Plant Physiol, 1960, 41: 1222~1230
- 5 Stewart C R. Effects of protein and carbohydrates on the metabolism of exogenous proline by excised leaves in the dark. Plant Physiol, 1969, 50: 551~555
- 6 Stewart C R. Proline content and metabolism during rehydration of wired excised leaves in the dark. Plant Physiol, 1969, 50: 679~681
- 7 The International Rice Research Institute. Climate and rice proceeding of the symposium, 1976, 264~281
- 8 赵可夫, 王韶唐. 作物抗性生理. 北京: 农业出版社, 1990. 189~190
- 9 Giles K L. Effect of water stress on the ultrastructure of leaf cells of Sorgham. Plant Physiol, 1976, 57: 11~14

Studies on Effects of Proline on Drought Resistance in Maize

Zhang Lie Shen Xiuying Sun Caixia

(Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)

Abstract In order to study the effects of proline on drought resistance of maize, the experiments of drought stress at booting and filling stages were conducted in pot and room. The results indicated that spraying proline (15 mg/kg) on their leaves before or after drought stress could increase drought resistance of maize plants.

Key words: Proline; Maize; Drought resistance