

6-BA 提高玉米幼苗抗旱性机理初探

董永华 史吉平 李广敏 池书敏

(河北农业大学农学系,保定 071001)

Preliminary Research on Mechanism of 6-BA on Increasing Drought Resistance in Maize Seedlings

Dong Yonghua Shi Jiping Li Guangmin Chi Shumin

(Dept. of Agron., Hebei Agri. Univ., Baoding 071001)

Abstract: Efficiency of 6-BA (10^{-5} mol/L) pretreatment as foliar spray in restoring the metabolic alterations relating to chlorophyll content, net photosynthetic rate, photosynthetic carboxylase activity and the activities of protective enzymes as imposed by water stress was investigated in maize seedlings. It was noted that in maize treated with 6-BA, the decreasing of photosynthetic rate and content of chlorophyll was inhibited, and the ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase oxygenase (RuBPC), phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPC), pyruvate phosphate dikinase (PPDK), superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) activities were increased while the stomatal resistance and the content of malondialdehyde (MDA) were decreased. Thus 6-BA reduced the damage of activated oxygen on membrane by water stress and increased the drought resistance.

Key Words: 6-BA; Maize; Photosynthesis; Membrane-lipid peroxidation; Water stress; Drought resistance

摘要 叶面喷施 10^{-5} mol/L 的 6-BA 可以提高水分胁迫条件下玉米幼苗的光合速率、叶绿素含量、光合羧化酶及细胞保护酶活性,降低气孔阻力和 MDA 含量,减轻水分胁迫下活性氧对膜的伤害,增强玉米幼苗的抗旱性。

关键词 6-BA 玉米 光合作用 膜脂过氧化 水分胁迫 抗旱性

水分是限制作物分布,影响作物产量的最重要的环境因素之一。因此,研究提高作物抗旱性的技术措施及其理论依据,对于发展旱作农业,增加作物产量具有重要意义。已有研究表明,植物生长调节剂(如 CCC、PP333)和植物激素(如 ABA)可以提高作物的抗旱性^[1,2]。但 6-BA 对作物抗旱性的影响报道较少。Parker(1989)^[13]报道,在美国中北部干旱地区小麦不同生育期喷施细胞分裂素可以提高产量。Sairam(1991)^[15]亦报道喷施激

素有助于小麦在水分胁迫环境中保持较高的水势、光合速率和硝酸还原酶活性,并提高产量。但他们未对细胞分裂素的抗旱增产机理作进一步探讨。本文以玉米幼苗为材料,从光合作用和膜脂过氧化方面探讨了 6-BA 提高其抗旱性的机理,为 6-BA 在农业上的广泛应用提供理论依据。

* 本文为“八五”农业部“重点应用基础研究”项目资助。

收稿日期 1995-07-26

1 材料与方法

1.1 供试材料及其培养

供试玉米(*Zea mays* L.)为掖单4号,种子催芽后播在含耕层土,盆底有孔的塑料盆中。每盆播60粒,置人工培养室培养,每天光照12h,光强 $240-260\mu\text{Em}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$,昼夜温度 $28^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$,定期浇水,待幼苗长到三叶一心时叶面喷施 10^{-5}mol/L 的6-BA,对照喷同量的水,各喷施液均加少量吐温-80。每晚喷浇一次,连续喷3d,第4d停止供水,使土壤自然干旱并取第二叶片进行测定。

1.2 测试项目及方法

1.2.1 酶液制备 叶片照光2h后,取0.5g鲜材料放入预冷的研钵中,加入3ml预冷的 100mmol/L Tris- H_2SO_4 缓冲液, pH8.2(内含 7mmol/L 巯基乙醇, 1mmol/L EDTA, 5% 甘油和 1% PVP),于冰浴中迅速研磨,匀浆液于 $15000\times g$ 4°C 离心20min,上清液备用。

1.2.2 RuBPC活性测定参照Racker(1962)^[14]的分光光度法并略有改动。反应混合液组成: 1mol/L Tris-HCl缓冲液, pH8.0, 0.3ml ; 0.1mol/L MgCl_2 0.3ml ; 50mmol/L ATP 0.3ml ; 50mmol/L DTT 0.3ml ; 2mmol/L NADH 0.3ml ; 200mmol/L NaHCO_3 0.1ml ; 1mmol/L EDTA 0.3ml ; 蒸馏水 1ml ; 3-磷酸甘油酸激酶/3-磷酸甘油醛脱氢酶($15\text{u}/15\text{u}$) 0.1ml 。 30°C 恒温水浴预温10min,加入 9mmol/L RuBP 0.1ml ,最后加入RuBPC溶液 0.1ml 启动反应,立刻用分光光

度计测340nm光密度值的减小。

1.2.3 PEPC活性测定参见前文^[7]。

1.2.4 PPK活性测定参照Hocking等(1985)^[11]的方法稍加改动。反应混合液含 0.5mol/L pH 8.3的 Tris-HCl 0.3ml , 50mmol/L MgSO_4 0.3ml , 50mmol/L DTT 0.3ml , 10mmol/L PEP, 10mmol/L AMP, 0.5mol/L NH_4Cl 各 0.3ml , 5mmol/L NADH 0.1ml , 乳酸脱氢酶(约 7.5u), 蒸馏水 1ml , 50mmol/L 焦磷酸钠 $50\mu\text{l}$, 30°C 保温10min,用 0.1ml 酶液启动反应,测340nm NADH的氧化速度。

1.2.5 SOD活性测定参照Giannopolitis和Ries^[10]的方法,以抑制NBT光化还原50%为一个酶活单位。

1.2.6 POD活性测定按华东师大生物系植物生理教研室编《植物生理学实验指导》^[4]的方法,以光密度改变0.01为一个酶活单位。

1.2.7 CAT活性测定按照Chance等^[9]的方法,以光密度改变0.01为一个酶活单位。

1.2.8 MDA含量的测定参照林植芳等^[6]的方法。

1.2.9 叶绿素含量测定按Arnon^[8]法,光合速率用QGD-07型红外线 CO_2 分析仪测定,气孔阻力用LI-1600稳态气孔计测定,可溶性蛋白用Lowry^[12]法测定。

2 结果与分析

2.1 6-BA对水分胁迫下玉米幼苗光合作用的影响

表1 6-BA对水分胁迫下玉米幼苗光合酶活性等指标的影响

项 目	胁迫前		胁迫后	
	CK	6-BA	CK	6-BA
土壤相对含水量(%)	81.4		33.1	
RuBPC($\mu\text{mol CO}_2/\text{mgpro}\cdot\text{min}$)	0.0312	0.0554	0.0142	0.0148
PEPC($\mu\text{mol CO}_2/\text{mgpro}\cdot\text{min}$)	0.2170	0.4690	0.1150	0.2520
PPDK($\mu\text{mol AMP}/\text{mgpro}\cdot\text{min}$)	0.0880	0.1730	0.0659	0.1420
叶绿素含量(%)	1.1000	1.1900	0.9980	1.0800
气孔阻力(Scm^{-1})	19.2500	16.9200	33.000	31.6000
光合速率($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2\cdot\text{hr}$)	9.5400	10.2900	4.8800	6.5900

水分胁迫强烈影响玉米幼苗的光合作用(表1),当土壤相对含水量降为33.1%时,玉米幼苗的RuBPC、PEPC和PPDK活性分别比水分胁迫前降低54.5%、47.0%和25.1%。说明RuBPC对水分胁迫较PEPC和PPDK更敏感。水分胁迫也导致玉米幼苗的叶绿素含量下降,气孔阻力增加,所以光合速率比胁迫前下降48.8%。叶面喷施 10^{-5} mol/L的6-BA后,显著促进了水分胁迫前、后玉米幼苗的RuBPC、PEPC及PPDK活性,提高叶绿素含量,降低气孔阻力,因而显著提高了玉米幼苗的光合速率,干旱前使其提高3.9%,而干旱后则提高35%。说明6-BA

对水分胁迫后玉米幼苗光合速率的影响比干旱前显著。

2.2 6-BA对水分胁迫下玉米幼苗膜脂过氧化作用的影响

表2指出:水分胁迫后玉米幼苗的SOD和POD活性降低,CAT活性略有升高。6-BA处理可以提高正常水分状况下玉米幼苗的SOD、POD和CAT活性,阻止水分胁迫条件下SOD和POD活性下降,促进CAT活性升高。6-BA对POD和CAT活性的促进作用在水分胁迫条件下亦很显著,使二者的活性保持在胁迫前水平。6-BA处理还可降低胁迫条件下玉米幼苗的MDA含量。

表2 6-BA对水分胁迫下玉米幼苗细胞保护酶活性等指标的影响

项 目	胁迫前		胁迫后	
	CK	6-BA	CK	6-BA
SOD活性($\mu\text{nit}/\text{mgpro} \cdot \text{min}$)	0.594	0.679	0.425	0.472
POD活性($\mu\text{nit}/\text{mgpro} \cdot \text{min}$)	9.140	10.840	6.300	10.520
CAT活性($\mu\text{nit}/\text{mgpro} \cdot \text{min}$)	9.110	12.300	9.710	12.600
MDA含量($\mu\text{mol}/\text{gdw}$)	326.400	339.400	394.500	363.700

3 讨论

水分胁迫对植物生理过程的影响是多方面的,光合作用下降就是其中一个重要方面。本试验表明,水分胁迫强烈抑制玉米幼苗的RuBPC、PEPC和PPDK活性,降低叶绿素含量,增加气孔阻力,导致光合速率下降48.8%。水分胁迫也影响细胞保护酶活性,引起膜脂过氧化伤害,导致MDA迅速累积。6-BA处理后可显著促进水分胁迫下玉米幼苗的RuBPC、PEPC及PPDK活性,降低气孔阻力,增加叶绿素含量,使光合速率提高35%。同时6-BA增加SOD、POD和CAT活性,减少MDA含量,减轻水分胁迫引起的膜脂过氧化伤害。由此可见,6-BA提高光合作用可能与其减轻玉米幼苗的活性氧伤害有关。李双顺等(1991)^[4]报道。6-BA对维持生物膜的完整性和光合羧化酶活性可能有间接或直接作用。林植芳等(1989)^[5]研究表

明,经MDA处理后,菠菜叶片的RuBPC和PEPC活性均下降。我们的试验亦表明,水分胁迫降低玉米幼苗SOD和POD活性,增加MDA含量,而6-BA处理显著提高玉米幼苗的SOD、POD和CAT活性。降低MDA含量,减轻玉米幼苗的活性氧伤害。MDA的降低可能是6-BA提高光合羧化酶活性,维持生物膜完整性,从而提高光合作用的原因之一。水分胁迫下光合作用的提高使得玉米幼苗积累较多的有机物,增强其抗旱性。

参 考 文 献

- 1 王熹等.多效唑浸种提高稻苗耐旱性.植物生理学报,1991,(1):105-108
- 2 许旭旦.ABA等内源激素与植物的抗旱性.植物生理学通讯,1988,(1):1-8
- 3 李双顺等.抗氧化剂和激素对水稻叶片生理特性及籽实产量的影响.中国科学院华南植物研究所集刊,1991,第7集:75-82
- 4 华东师大生物系植物生理教研组主编.植物生理学实验指导.北京:人民教育出版社,1986,143-144

- 5 林植芳等. 丙二醛对菠菜叶片中光合羧化酶和细胞保护酶活性的影响. 植物学报, 1989, 31(11), 860-866
- 6 林植芳等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶及脂质过氧化作用的关系. 植物学报, 1984, 26, 605-615
- 7 董永华等. 干旱对玉米幼苗 PEP 羧化酶活性的影响. 玉米科学, 1995, 3(2), 54-57
- 8 Arnon DI. Copper enzymes in isolated chloroplast, polyphenol-oxidase in Beta Vulgaris. Plant Physiol. 1949, 24, 1-5
- 9 Chance B, Maehly AC. Assay of catalases and peroxidase. In Colowick SP and Kaplan NO (eds.), Methods in Enzymology. New York, 1955, 1(2), 764-775
- 10 Giannopolitis CN Ries. Superoxide dismutase, I. Occurrence in Higher plants. Plant Physiol. 1977, 59, 309-341
- 11 Hocking C. G. and J. W. Anderson, Estimation of pyruvate phosphate dikinase activity in maize leaf tissue by phosphoenolpyruvate plus pyrophosphate dependent phosphorylation of AMP. Photochemistry, 1985, 24, 2173-2179
- 12 Lowry OH, et al., Protein measurements with Folin Phenol reagent. J. Biol. Chem. 1951, 193, 265-275
- 13 Parker LW. Proceedings of the Plant Growth Regulator Society of America Annual Meeting. 1989, (16), 156-161
- 14 Racker E. Ribulose biphosphate carboxylase from spinach leaves. In Colowick SP Kaplan NO (eds.). Methods in Enzymology. Academic Press. 1962, 266
- 15 Sairam RK. Indian Journal of Agricultural Sciences. 1991, (2), 102-106

玉 米 新 品 种——吉 单 303

品种来源 吉林省农科院玉米所于 1988 年以 7884~7H1 为母本, 吉 835 为父本杂交育成。

特征特性 幼苗叶鞘绿色。株高 271cm, 穗位 111cm, 成株叶片 20 片, 株型较收敛。雄花分枝中等, 花药、花丝黄色。果穗筒型, 穗长 20cm, 粒行数 16 行, 穗轴红色, 子粒黄色, 半马齿型。单穗粒重 216g, 百粒重 38.4g, 产子率 85%。含粗蛋白 9.95%, 粗脂肪 4.6%, 粗淀粉 62.95%。

属中熟单交种, 出苗至成熟 125 天, 需 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 2550 $^{\circ}\text{C}$ 左右。抗玉米大斑病、丝黑穗病, 中抗茎腐病, 抗心叶期玉米螟虫。

产量表现 1990~1993 年全省生产试验平均公顷产量 10197kg, 比四单 8 号增产 11.5%。

栽培要点 4 月中下旬播种, 适宜水肥条件好的地块种植。公顷保苗 4.5~5.0 万株, 每公顷施底肥(磷酸二铵)150kg, 尿素 250~300kg、硫酸钾 100kg, 结合秋翻一次施入, 公顷产量可稳定在 10000kg 以上。

制种时, 父母本同期播种, 行比 1:4 或 2:6, 母本公顷保苗 5.0~5.5 万株, 制种产量 3000kg 以上。

适应区域 适宜吉林、白城及通化部分肥水条件较好的中熟地区种植。

(吉林省农科院玉米所)