

水分胁迫下水稻幼苗多胺含量变化与抗旱性的关系

周小梅^{1,2}, 赵运林^{2*}, 周朴华¹, 李小湘³, 王淑红³

(1.湖南农业大学 生物科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南城市学院 建筑与城市规划学院, 湖南 益阳 413000; 3.湖南省水稻研究所, 湖南 长沙 410125)

摘 要:以籼稻品种旱 116、湘早籼 32 号为材料,不同质量分数(0%、5%、10%、15%、20%、25%)聚乙二醇(PEG6000)模拟自然干旱,研究水分胁迫下水稻腐胺(Put)、亚精胺(Spd)、精胺(Spm)含量的变化与抗旱性的关系。结果表明:水分胁迫下水稻幼苗 Put、Spd 和 Spm 含量明显上升,且旱 116 的上升幅度明显大于湘早籼 32 号,Put、Spd 和 Spm 含量与根冠比呈正相关。回归分析结果表明,Put 对湘早籼 32 号地上部干重,Spd 对旱 116 地上部及湘早籼 32 号根部干重,Spm 对旱 116 和湘早籼 32 号根部干重影响显著。

关 键 词:水分胁迫;水稻;多胺;抗旱性

中图分类号: S511.01 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)01-0017-05

Relationship between change of polyamine contents and drought-resistance in rice seedlings under water stress

ZHOU Xiao-mei^{1,2}, ZHAO Yun-lin^{2*}, ZHOU Pu-hua¹, LI Xiao-xiang³, WANG Shu-hong³

(1.College of Bioscience and Biotechnology, HNAU, Changsha 410128, China; 2.College of Architecture and Urban Planning, Hunan City University, Yiyang, Hunan 413000, China; 3.Hunan Rice Research Institute, Changsha 410125, China)

Abstract: Indica rice cultivars of Han116 and Xiangzaoxian32 were used as experimental materials with different concentration (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%)PEG6000, the relationship between change of polyamine contents and drought-resistance in rice seedlings under water stress was investigated. The results showed the contents of Put, Spd and Spm significantly increased under water stress, Han116 increased more markedly than Xiangzaoxian32, which was a positive correlation between Put, Spd and Spm contents and root/shoot. Through regression analysis, Put, Spd and Spm were respectively led into by $y_1=1.248E-04x_1+0.272$, $y_1=1.421E-05x_2+0.240$, $y_2=-1.55E-05x_2+4.922E-04x_3+0.126$, $y_2=4.679E-04x_3+3.923E-02$ equations(x_1, x_2, x_3 respectively mean Put, Spd and Spm, y_1, y_2 respectively mean shoot and root dry weight).

Key words: water stress; rice; polyamine; drought-resistance

多胺(polyamine, PA)广泛存在于原核生物和真核生物中,是一类低分子脂肪族含氮碱。高等植物中常见的多胺有腐胺(Put)、亚精胺(Spd)、精胺(Spm)等,它们以多聚阳离子状态存在,可与带负电荷的核酸、酶、结构蛋白以及细胞内功能基团发生作用,调节植物的生长、发育和形态建成^[1-2]。近年来,越来越多的研究表明,多胺与植物对外界环境胁迫反应的关系密切。有关水分胁迫下多胺的累积与水稻抗旱性关系的研究已有报道^[3-4]。笔者以籼稻品种

旱 116(抗旱性强)、湘早籼 32 号(抗旱性弱)为材料,PEG6000 模拟干旱对水稻幼苗进行根际胁迫处理,探讨水分胁迫下水稻幼苗多胺含量的变化与抗旱性的关系,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 材 料

旱 116、湘早籼 32 号,在 25℃左右的水中浸种 24 h,35℃下催芽,选取露白一致的种子,播种于

收稿日期: 2009-08-19

基金项目: 湖南省科学技术厅重点项目((2008SK4013)

作者简介: 周小梅(1977-),女,湖南怀化人,博士,从事植物生态生理研究; *通讯作者, zy18291290@163.com

塑料杯中(每杯30粒),木村B培养液培养,于室温30℃自然条件下生长。

1.2 方法

当幼苗长至二叶一心期,用含0(-0.03 MPa,处理I)、5%(-0.10 MPa,处理II)、10%(-0.16 MPa,处理III)、15%(-0.33 MPa,处理IV)、20%(-0.50 MPa,处理V)、25%(-0.77 MPa,处理VI)聚乙二醇(PEG6000)的1/2木村B培养液进行根际处理,7d后取样测定多胺含量,各重复3次。胁迫处理后,每杯随机取幼苗20株,洗净,放入恒温干燥箱中,105℃杀青30min,70℃烤干至恒重,分别测定幼苗地上部、根干重。

水稻幼苗多胺含量按文献[11]方法,稍加改进测定。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对水稻幼苗生长的影响

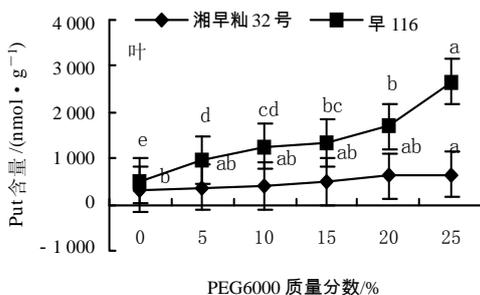
2.1.1 水分胁迫对水稻幼苗根系干重相对生长率的影响

水分胁迫对水稻幼苗根系生长起促进作用,随着PEG6000质量分数的增加,根系干重逐渐增加(表1),旱116根系干重的相对变化率明显大于湘早籼32号。

表1 水分胁迫对水稻幼苗相对生长率的影响

Table 1 Effect of water stress on relative growth rate of rice seedlings %

处理	旱116			湘早籼32号		
	根干重相对增加率	根冠比相对增加率	生物量相对增加率	根干重相对增加率	根冠比相对增加率	生物量相对增加率
I	0c	0c	0cd	0c	0b	0b
II	15.5c	10.5bc	6.9cd	13.7c	3.4b	5.9b
III	33.5bc	20.7b	7.5bcd	16.7bc	6.2ab	6.7b
IV	58.1b	38.7a	15.8abc	23.9abc	14.1ab	10.7ab
V	74.8ab	47.0a	16.7ab	37.6ab	21.9a	14.7ab
VI	98.6a	55.4a	19.7a	54.8a	24.1a	18.8a



2.1.2 水分胁迫对水稻根冠比的影响

水分胁迫促进水稻幼苗根冠比的增加,随PEG6000质量分数的增大呈上升趋势,但旱116的上升幅度明显大于抗旱性弱的湘早籼32号(表1)。

2.1.3 水分胁迫对水稻总干物质积累量的影响

水分胁迫有利于水稻幼苗干物质的积累,随着PEG6000质量分数的增加,干物质积累量呈上升趋势,旱116的干物质积累量大于湘早籼32号(表1),但增长幅度不如根系干重及根冠比明显,表明在水分胁迫下,抗旱性强的旱116的光合产物有更多的是运向根部,增强其抗旱性。

2.2 水分胁迫对水稻幼苗多胺含量的影响

2.2.1 对水稻幼苗腐胺含量的影响

从图1可看出,水分胁迫提高了水稻幼苗叶片和根系中Put含量,旱116的Put含量的上升幅度明显大于湘早籼32号,表明Put的积累与水分胁迫程度有一定相关性。湘早籼32号根系中Put含量的上升幅度明显大于叶片,而旱116在PEG6000质量分数低时叶中Put的积累量明显大于根中,而高PEG6000质量分数时则相反(表2)。

2.2.2 水分胁迫对水稻幼苗亚精胺含量的影响

从图2可看出,水分胁迫促进水稻幼苗叶片和根中Spd含量的升高,且旱116的上升幅度明显大于湘早籼32号,表明Spd含量的升高能缓解水分胁迫对水稻幼苗的伤害程度。湘早籼32号根中Spd的积累明显高于叶片,而旱116在PEG6000低质量分数时叶中增加率高于根部,而高质量分数时根中的积累量大于叶片(表2)。

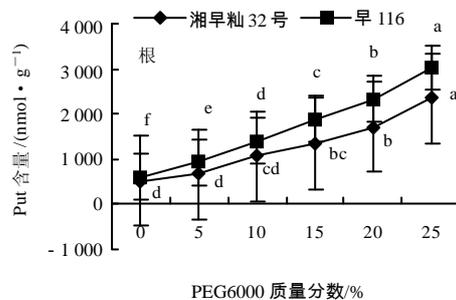


图1 水分胁迫对水稻幼苗叶片和根中腐胺含量的影响

Fig.1 Effect of water stress on Put contents in leaves and shoots of rice seedlings

表 2 水分胁迫下水稻幼苗多胺含量的相对变化率

Table 2 Relative growth rate of PAs content of rice seedlings under water stress %

处理	早 116 多胺含量增长率						湘早籼 32 号多胺含量增长率					
	根			叶			根			叶		
	Put	Spd	Spm	Put	Spd	Spm	Put	Spd	Spm	Put	Spd	Spm
II	54.1	134.2	277.3	87.2	230.0	64.8	31.2	55.1	157.8	13.0	6.0	40.2
III	132.2	165.6	373.3	145.7	234.7	100.2	105.7	73.2	187.1	19.9	10.7	45.3
IV	212.4	189.8	390.8	161.4	251.0	157.0	161.8	102.6	241.6	48.4	44.7	153.6
V	285.7	315.0	479.7	232.1	296.0	238.1	232.9	217.5	322.3	86.4	45.7	251.7
VI	421.2	495.4	565.7	402.3	481.4	330.7	355.4	370.2	401.1	97.7	136.6	316.4

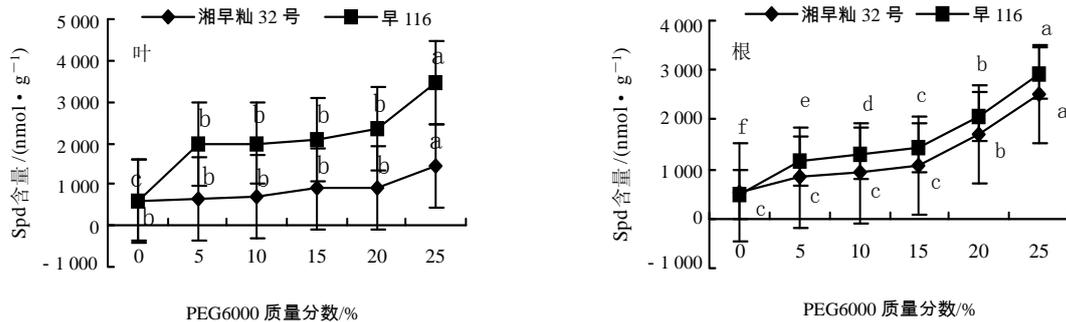


图 2 水分胁迫对水稻幼苗叶片和根中亚精胺含量的影响

Fig.2 Effect of water stress on Spd contents in leaves and shoots of rice seedlings

2.2.3 水分胁迫对水稻幼苗精胺含量的影响

从图 3 可知，水分胁迫促进水稻叶片及根中的 Spm 含量的上升，早 116 的上升幅度明显大于湘早籼 32 号，表明 Spm 含量的上升有利于提高水稻幼

苗的抗水分胁迫能力，减轻水分胁迫所带来的伤害。早 116 和湘早籼 32 号在水分胁迫下根系中 Spm 的增长率明显于叶片(表 2)。

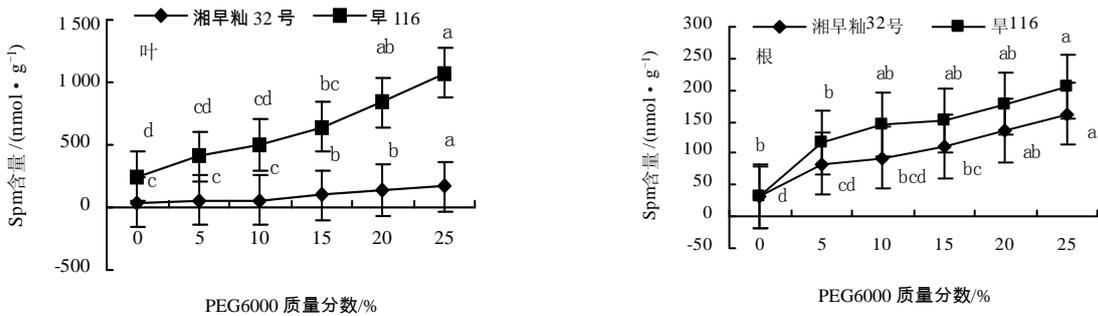


图 3 水分胁迫对水稻幼苗叶片和根中精胺含量的影响

Fig.3 Effect of water stress on Spm contents in leaves and shoots of rice seedlings

2.2.4 水分胁迫下水稻幼苗根部、地上部干物质的积累量与多胺的逐步回归分析

水分胁迫下，水稻幼苗根、叶中 Put、Spd 和 Spm 的含量呈上升趋势，说明水分胁迫下 Put、Spd 和 Spm 含量的积累与水稻幼苗抗水分胁迫能力有一定的相关性。以水分胁迫下积累的干物质量为因变量，Put、Spd 和 Spm 的含量为自变量进行逐步回归分析，筛选出对水分胁迫下积累的干物质量(即

对抗水分胁迫能力)影响较大的多胺成分($\alpha=0.05$ 水平进入模型)，所有方程均达到显著或极显著水平(表 3)。对水稻地上部而言，Put 对湘早籼 32 号的影响明显被引入方程，决定系数 R^2 为 0.929，达到极显著水平；对抗旱性强的早 116，Spd 的作用明显而被引入方程，决定系数 R^2 为 0.941，达到极显著水平。对根系而言，Spd 和 Spm 对湘早籼 32 号影响显著被引入方程，决定系数 R^2 为 0.991，达到

表 3 水分胁迫下水稻幼苗干物质的积累与多胺成分的逐步回归分析

Table 3 Regression analysis between accumulation of dry weight and PA components of rice seedlings under water stress

品种	部位	回归方程	R^2
湘早粳 32 号	地上部	$y_1=1.248 \times 10^{-4}x_1+0.272$	0.929
旱 116		$y_1=1.421 \times 10^{-5}x_2+0.240$	0.941
湘早粳 32 号	根部	$y_2=-1.55 \times 10^{-5}x_2+4.922 \times 10^{-4}x_3+0.126$	0.991
旱 116		$y_2=4.679 \times 10^{-4}x_3+3.923 \times 10^{-2}$	0.832

x_1 、 x_2 、 x_3 分别表示 Put、Spd 和 Spm 含量； y_1 、 y_2 分别表示地上部和根部干物质积累量。

极显著水平，Spm 的系数大于 Spd 的，说明 Spm 对水稻幼苗抗水分胁迫能力的影响大于 Spd；Spm 对旱 116 根系干物质的积累影响显著被引入方程，决定系数 R^2 为 0.832，达显著水平。在 4 个方程当中，Spd 和 Spm 均被 2 个方程引入，Put 被 1 个方程引入，说明 Put、Spd 和 Spm 能显著提高水稻幼苗抗水分胁迫能力。

3 讨论

多胺在植物的逆境胁迫中有着不同程度的变化，各种水分胁迫都能诱导植物细胞和原生质体中 Put 含量的增加。但对于 Put 在植物抗旱中的作用的认识，仍存在分歧。番茄叶片中 0.4~0.6 mol/L 山梨醇水分胁迫 6 h 后，Put 含量增加约 60 倍，但是 Spm 和 Spd 变化不大，而且 Put 的增加与 ADC 活性提高是平行的，但 ODC 活性无显著变化^[5]。张木清等^[6]发现甘蔗叶片受到水分胁迫时多胺合成增加，特别是 Put 增加幅度最大，fPut/fSpd 和 fPut/fSpm 比值均提高，抗旱性强的品种升幅明显，认为 fPut 含量的积累可以缓解水分胁迫对作物的伤害，提高作物的抗旱性。Gu 等^[7]也提出以 fPut/fSpd 和 fPut/fSpm 的比值高低作为甘蔗品种抗旱性鉴定的生理指标。Goicoechea 等^[8]发现，与根瘤菌共生的苜蓿因含有较高的游离态多胺，特别是 Put，故能比非共生的苜蓿较好地适应干旱胁迫。但 Liu 等^[9]认为，水分胁迫下 Put 的积累不利于提高植物的抗水分胁迫能力，认为高的(fSpd + fSpm)/fPut 比值有利于小麦抗水分胁迫能力的提高。Van 等^[10]对马铃薯的研究发现，受到干旱胁迫的马铃薯叶片内的 Spd 含量

与马铃薯块茎的产量呈正相关，而与 Put 含量无关。在本研究中，水分胁迫促进水稻幼苗叶片和根系中 Put、Spd 和 Spm 含量的上升，且抗旱性强的旱 116 的上升幅度大于湘早粳 32 号，水分胁迫下水稻幼苗根系干物质重和根冠比呈上升趋势，且旱 116 的根系干物质重和根冠比的上升幅度大于湘早粳 32 号，对根系中 Put、Spd 和 Spm 含量的变化率与根冠比的增加率进行相关性分析，相关系数 R 分别为：0.780、0.806 和 0.927，呈一定的正相关，说明不但 Spd 和 Spm 含量的上升有利于提高水稻幼苗的抗水分胁迫能力，而且 Put 含量的上升也能显著提高水稻幼苗的抗水分胁迫能力，此时它们可能通过稳定质膜和提高细胞内保护酶活性^[12-13]，以及提高 ABA 含量或改变不同激素成分的含量^[14-15]而增强其抗旱性。

高灿红^[16]通过逐步回归分析，筛选出低温胁迫下玉米幼苗对低温冷害指标影响较大的多胺成分，根部主要与 Spd 有关，中胚轴主要与 Put 和 Spd 有关，胚芽鞘主要与 Spd 和 Spm 有关。在本研究中，Put 和 Spd 分别被水稻地上部方程引用，而 Spd 和 Spm 分别被水稻根部方程引用，说明在水分胁迫下，不同多胺成分对水稻不同部位所起的作用不同。Spd 和 Spm 对湘早粳 32 号根系影响显著，同时被引入方程，Spm 的系数大于 Spd，说明 Spm 对湘早粳 32 号幼苗抗水分胁迫能力的影响大于 Spd。Put、Spd 和 Spm 分别被 1、2 和 2 个方程引入，进一步表明 Put、Spd 和 Spm 是水分胁迫下的应激产物，参与了水分胁迫下的生理代谢。

根系是植株受胁迫最直接的感受器官，根系中多胺反应较叶片中更敏感^[17]。而在本研究中，水分胁迫时，抗旱性弱的湘早粳 32 号根系中 Put、Spd 和 Spm 含量上升幅度均明显大于叶片；而抗旱性强的旱 116 在 PEG6000 低质量分数时，叶片中 Put、Spd 含量上升幅度明显大于根系，PEG6000 高质量分数时根系中 Put、Spd 含量上升幅度明显大于叶片，Spm 含量在整个水分胁迫过程中均是根系中的上升幅度大于叶片中，说明抗旱性有差异的水稻品种在水分胁迫时其多胺代谢存在差异，其机理尚不清楚，有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] Martin-Tanguy J . Metabolism and function of polyamines in plants : Recent development(new approaches) [J] . Plant Growth Regul , 2001 , 34(1) : 135-148 .
- [2] Bagni N ,Torrighiani P .Polyamines :A new class of growth substances[C]//Karssen C M ,Van Loon L C ,Vreugdenhil D . Progress in Plant Growth Regulation . Dordrecht : Kluwer Academic Publishers , 1992 , 264-275 .
- [3] 杨建昌, 张亚洁, 张建华, 等 . 水分胁迫下水稻剑叶中多胺含量的变化及其与抗旱性的关系[J] . 作物学报, 2004 , 30(11) : 1069-1075 .
- [4] Yang J C , Zhang J H , Liu K , et al . Involvement of polyamines in the drought resistance of rice[J] . Journal of Experimental Botany , 2007 , 58(6) : 1545-1555 .
- [5] Tiburcio A F ,Kaur-Sawhney R ,Galston A W .Polyamine metabolism and osmotic stress[J] . Plant Physiol , 1981 , 8 : 375-378 .
- [6] 张木清, 陈如凯, 余松烈 . 水分胁迫下叶片多胺代谢变化及其同抗旱性关系[J] . 植物生理学报, 1994 , 22 : 327-332 .
- [7] Gu Y M G ,Vigh L ,Queiroz Q .Changes in polyamine and precursor content during drought induced induced adaptive morphogenesis in rape[J] . Francaised Actralite Botanique , 1984 , 131 : 258-265 .
- [8] Goicoechea N , Szalai G , Antolin M C , et al . Influence of arbuscular mycorrhizae and rhizobium on free polyamines and proline levels in water-stressed alfalfa [J] . Plant Physiol , 1998 , 153(5) : 706-711 .
- [9] Liu H P , Dong B H , Zhang Y Y , et al . Relationship between osmotic stress and the levels of free , conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings [J] . Plant Science , 2004 , 166 : 1261-1267 .
- [10] Van D M A ,De R J A ,Van D M T ,et al .Changes in free proline concentrations and polyamine levels in potato leaves during drought stress[J] . South African J Sci , 1998 , 94 : 347-350 .
- [11] Kiriakos K ,Maria D ,Christakis H ,et al . A narrow-pore HPLC method for the identification and quantitation of free , conjugated , and bound polyamines[J] . Anal Biochem , 1993 , 214 : 484-489 .
- [12] 徐仰仓, 王静, 刘华, 等 . 外源精胺对小麦幼苗抗氧化酶活性的促进作用[J] . 植物生理学报, 2001 , 27 : 349-352 .
- [13] 周小梅 . 水分胁迫下水稻体内多胺代谢及其生理功能研究[D] . 长沙: 湖南农业大学生物科学技术学院, 2008 .
- [14] Upreti K K , Murti G S R . Effect of polyamines in the changes in endogenous hormones in pea under water stress conditions[J] . Indian Journal of Plant Physiology , 1999(4) : 1-5 .
- [15] 聂军, 郑圣先, 廖育林, 等 . 控释氮肥对水稻叶片内源激素含量及平衡的影响[J] . 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2006 , 32(1) : 15-19 .
- [16] 高灿红 . 不同耐寒型玉米种子多胺代谢的调控及对抗寒性的效应[D] . 杭州: 浙江大学农业与生物技术学院, 2006 .
- [17] 张志新, 邹志荣, 张春梅, 等 . 水分胁迫对番茄幼苗叶片和根系中多胺代谢的影响[J] . 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009 , 37(7) : 97-102 .

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 胡东平