

PP₃₃₃对干旱胁迫下马铃薯幼苗抗旱性及块茎营养的影响

孙业民^{1,2}, 张俊莲^{1,3*}, 王文⁴, 李朝周^{1,2}, 王蒂^{1,3}

(1. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学生命科学技术学院, 甘肃 兰州 730070;

3. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070; 4. 景泰县条山农场, 甘肃 白银 730400)

摘要: 探讨了干旱胁迫下叶面喷施多效唑(PP₃₃₃)对马铃薯幼苗抗旱生理及块茎营养的影响, 结果表明在幼苗的生长发育方面, 干旱胁迫下叶面喷施 PP₃₃₃ 相对降低了植株的株高、单株结薯数和地上部分的生物量, 增加茎粗和薯均重, 显著提高叶片脯氨酸和可溶性糖含量, 使干旱胁迫下叶片含水量和叶绿素含量下降幅度减小, 显著提高 SOD 活性, 抑制叶片相对电导率和 MDA 含量升高的幅度; 叶面喷施 PP₃₃₃ 还显著提高了马铃薯幼苗对极端干旱的适应能力。在块茎营养方面, 干旱胁迫下叶面喷施 PP₃₃₃ 提高了块茎中淀粉、蛋白质、还原糖、维生素 C 及干物质含量。可见 PP₃₃₃ 能显著提高马铃薯幼苗的抗旱性和块茎营养。

关键词: 多效唑; 马铃薯; 干旱胁迫; 抗旱性; 块茎营养

中图分类号: S532; S482.8+92

文献标志码: A

文章编号: 1000-7601(2012)06-0118-06

马铃薯是世界上重要的四大粮食作物之一, 也是我国北方地区重要的农作物及经济作物, 具有较大的种植面积。马铃薯是典型的温带气候作物, 对水分亏缺比较敏感^[1,2], 而我国马铃薯栽培地区大多水资源匮乏, 而水分亏缺严重影响马铃薯生长发育及产量^[3,4], 但目前人们对马铃薯抗旱生理及调控还缺乏系统深入的研究。

PP₃₃₃ 又称多效唑, 是一种高效低毒的植物生长延缓剂。有研究报道, PP₃₃₃ 通过抑制百合幼苗体内赤霉素合成和降低吲哚乙酸含量来控制营养体生长, 还可以干扰百合组培苗体内甾醇类物质合成, 改变细胞膜组分, 提高百合组培苗对逆境的抵抗能力^[5]。多效唑的应用在植物抗热性^[6]、抗寒性^[7]、抗旱性^[8] 及作物品质提高^[9] 等方面已有一些报道, 但多效唑对马铃薯抗旱性的影响尚缺乏系统研究。本文以马铃薯植株为实验材料, 系统研究了干旱胁迫下叶面喷施多效唑对马铃薯幼苗抗旱生理和块茎营养的影响, 旨在探究 PP₃₃₃ 对马铃薯抗旱性的影响机制, 为干旱半干旱区马铃薯抗旱生产提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 试剂及材料

供试多效唑(15%可湿性粉剂)由四川国光农化

股份有限公司生产。供试马铃薯品种为青薯9号。

1.2 试验设计

试验在甘肃省景泰县条山集团马铃薯种植基地(N37°11', E104°03', 海拔1631 m)采用土坑方式进行, 遇雨加盖防雨棚, 其它时间处在自然条件下。土坑长×宽×高为110 cm×80 cm×60 cm, 内铺棚膜, 每个土坑中放6个直径约30 cm的尼龙袋。每袋装土高40 cm且种植1株马铃薯。土壤为当年土, 前茬种植玉米。土壤中含有机质9.1 g/kg, 全N 0.54 g/kg、碱解N 17.6 mg/kg、速效P 32.6 mg/kg、速效K 272.0 mg/kg、pH值8.37。

进入幼苗期20 d后, 将试验材料分为两大组。其中一大组正常灌溉, 即土壤含水量(已烘干土为基础的重量百分数)保持在14%左右; 另一大组进行干旱胁迫, 使干旱胁迫期间土壤含水量保持在9.5%左右, 直到生长发育周期结束。正常灌溉的材料均分成两小组, 分别叶面喷施多效唑(浓度为200 mg/L, 记作“正常+喷施”)和蒸馏水(记作“正常+不喷施”), 喷施至叶面有可见小液滴为度; 干旱胁迫处理的材料也进行同样的喷施处理, 分别记作“干旱+喷施”和“干旱+不喷施”。

极端干旱胁迫的实验设计: 从上述四种处理15 d后的每小组中选6株马铃薯幼苗, 停止供水, 直至

收稿日期: 2012-05-30

基金项目: 国家科技支撑项目(2012BAD06B03); 甘肃省农牧厅生物技术专项(GNSW-2008-07); 甘肃省科技重大专项(1102NKDM025)

作者简介: 孙业民(1987—), 男, 山东安丘人, 硕士研究生, 主要从事植物逆境生理研究。E-mail: wfsym1987@sina.com。

* 通信作者: 张俊莲(1961—), 女, 教授, E-mail: zhangjunlian@yahoo.com.cn。

马铃薯出现永久萎蔫。期间白天平均气温为 29℃ 左右,夜间为 15℃ 左右。

1.3 测试指标及方法

1.3.1 生长指标测定 马铃薯采收前 7 d 左右,不同处理选取代表性植株 3 株测定生长指标。

(1) 株高和地上茎基径:从袋内土面到植株地上茎最高点为株高,用卷尺测量;在植株与土面交界处用游标卡尺测地上茎基径。

(2) 单株结薯数和薯均重:目测单株结薯数,用电子天平称量单株总薯重,薯均重 = 单株总薯重/单株结薯数。

(3) 地上生物量:以单株计算。

1.3.2 生理指标测定 马铃薯干旱胁迫 15 d 后,选取茎尖端第 3 至第 4 复叶测定各生理指标。

叶片含水量:采用重量法^[10],计算用下式: $LWC = (W_f - W_d) / W_f \times 100\%$, LWC 为叶片含水量; W_f 为叶片鲜重; W_d 为叶片干重。相对电导率:用电解质外渗量法^[10]。叶绿素含量:采用乙醇提取法^[10]。丙二醛(MDA)含量:采用硫代巴比妥酸法^[11]。脯氨酸(Pro)含量:采用茚基水杨酸法^[10]。超氧化物歧化酶(SOD)活性:采用氮蓝四唑法^[10]。过氧化氢酶(CAT)活性:采用紫外吸收法^[10]。可溶性糖含量:采用蒽酮法^[10]。

1.3.3 极端干旱胁迫指标测定 幼苗基部叶片枯黄时间:从停止供水到马铃薯幼苗基部叶片开始出现枯黄的天数。幼苗出现永久萎蔫时间:停止供水到马铃薯地上部分出现永久萎蔫的天数。土壤含水

量:取根系周围 0 ~ 40 cm 范围的土样,混匀后用电子天平称取土样的重量,记作土样的湿重 W_1 ,在 105℃ 的烘箱内将土样烘 6 ~ 8 h 至恒重,然后测定烘干土样,记作土样的干重 W_2 。土壤含水量 = $[(W_1 - W_2) / W_2] \times 100\%$ 。

1.3.4 块茎营养指标测定 马铃薯采收后测定块茎营养。还原糖含量:采用 3,5 - 二硝基水杨酸比色法^[13]。维生素 C 含量:采用分光光度法^[14]。蛋白质含量:采用考马斯亮蓝 G - 250 染色法^[10]。淀粉含量:采用碘比色法^[12]。

1.3.5 数据处理 实验数据采用 SPSS 统计软件进行方差及相关性分析,取 $P < 0.05$ 为显著相关。

2 结果与分析

2.1 PP₃₃₃对马铃薯叶片含水量和叶绿素含量的影响

干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片含水量降低,喷施 PP₃₃₃ 叶片比不喷施马铃薯叶片含水量提高了 2.12%;在正常灌溉条件下,喷施 PP₃₃₃ 对马铃薯叶片水分含量影响不显著(图 1A)。

干旱胁迫下马铃薯鲜叶片叶绿素含量显著降低,但相同干旱条件下,喷施 PP₃₃₃ 叶片比不喷施叶片叶绿素含量显著提高($P < 0.05$),其增加值约占不喷施的 15.22%。正常灌溉条件下,喷施 PP₃₃₃ 也显著提高了叶片叶绿素含量($P < 0.05$),其增加值约占不喷施的 10.27%(图 1B)。

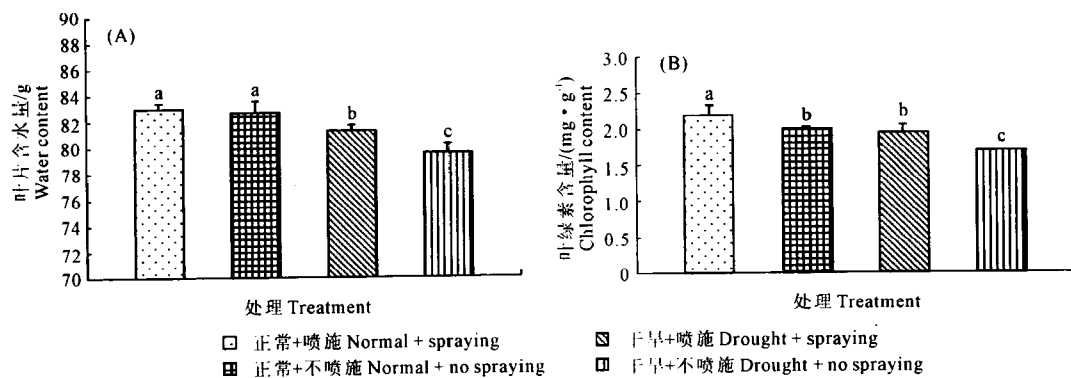


图 1 PP₃₃₃对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片含水量和叶绿素含量的影响

Fig. 1 Influences of PP₃₃₃ on contents of water and chlorophyll in potato seedling leaves under drought stress

2.2 PP₃₃₃对马铃薯叶片相对电导率和 MDA 含量的影响

干旱胁迫下马铃薯叶片相对电导率显著升高。干旱胁迫下叶面喷施 PP₃₃₃ 叶片相对电导率显著低于不喷施 PP₃₃₃ 的叶片 ($P < 0.05$),但依然高于正常

灌溉不喷施 PP₃₃₃ 的叶片。正常灌溉条件下,喷施 PP₃₃₃ 对马铃薯叶片相对电导率影响不显著(图 2A)。

干旱胁迫下马铃薯鲜叶片 MDA 含量增高,在正常灌溉条件下,喷施 PP₃₃₃ 对马铃薯鲜叶片 MDA 含量影响不明显,但干旱胁迫下马铃薯叶片喷施 PP₃₃₃

比不喷施 PP_{333} MDA 含量显著降低 ($P < 0.05$), 其减少值约占不喷施叶片 MDA 含量的 5.54%, 可见干

旱胁迫下喷施 PP_{333} 降低了马铃薯叶片细胞脂质过氧化作用(图 2B)。

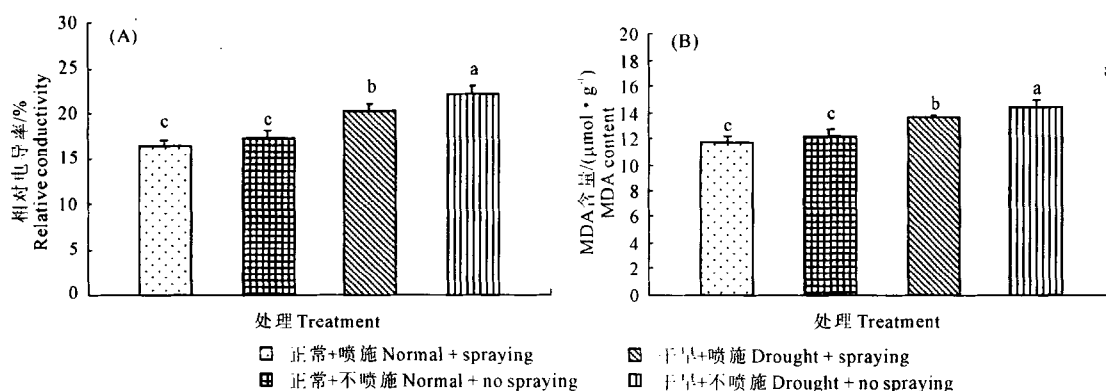


图 2 PP_{333} 对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片相对电导率和丙二醛含量的影响

Fig. 2 Influences of PP_{333} on relative conductivity and MDA content in potato seedling leaves under drought stress

2.3 PP_{333} 对马铃薯幼苗叶片渗透调节物质的影响

干旱胁迫下马铃薯鲜叶片脯氨酸含量显著提高 ($P < 0.05$); 正常灌溉条件下喷施 PP_{333} 比不喷施 PP_{333} 马铃薯鲜叶片脯氨酸含量显著增高; 在干旱胁迫下喷施 PP_{333} 比不喷施 PP_{333} 脯氨酸积累量稍有增高但不显著 ($P > 0.05$) (图 3A)。

干旱胁迫下马铃薯鲜叶片中可溶性糖含量显著

增高; 无论干旱胁迫还是正常灌溉条件下喷施 PP_{333} 马铃薯鲜叶片可溶性糖含量均显著增高 ($P < 0.05$), 所增加的量在干旱胁迫下和正常灌溉条件下分别达到不喷施叶片的 12.56%、19.62%, 这说明 PP_{333} 能够改变马铃薯叶片组织细胞内糖代谢途径, 使可溶性糖积累量升高(图 3B)。

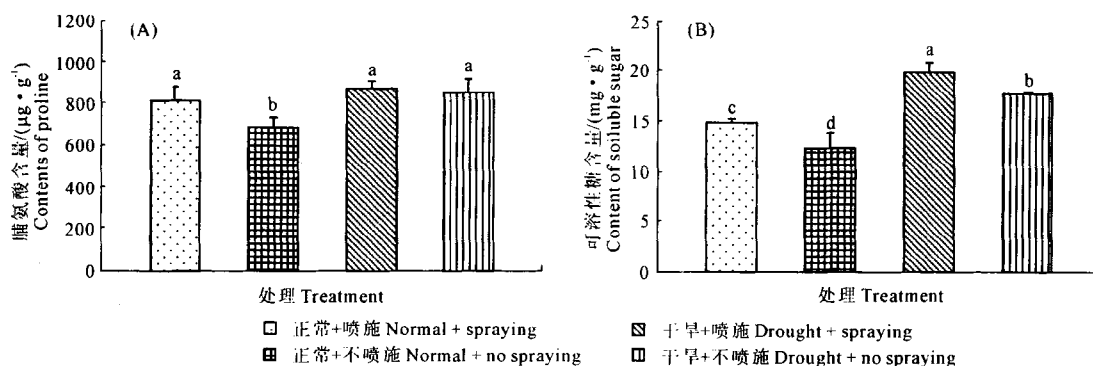


图 3 PP_{333} 对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片脯氨酸和可溶性糖含量的影响

Fig. 3 Influences of PP_{333} on contents of proline and soluble sugar in potato seedling leaves under drought stress

2.4 PP_{333} 对马铃薯幼苗抗氧化酶活性的影响

干旱胁迫下马铃薯幼苗鲜叶片 SOD 活性显著升高; 且无论正常灌溉条件还是干旱胁迫下, 喷施 PP_{333} 均显著增高马铃薯鲜叶片中 SOD 活性 ($P < 0.05$) (图 4A), 其增加量分别达到不喷施叶片的 1.90%、2.97%。但在干旱胁迫下和正常灌溉条件下, 喷施 PP_{333} CAT 活性仅有不显著升高 ($P > 0.05$) (图 4B)。

2.5 极端干旱胁迫下马铃薯幼苗基部枯黄和出现永久萎蔫的天数及对应土壤含水量

在停止灌溉后, 强烈的光照、高温会引起幼苗蒸

腾和土壤蒸发较快, 而干旱严重时会造成幼苗基部叶片枯黄甚至是整株幼苗死亡。统计结果显示, 在停止浇水造成的极端干旱条件下, 叶面喷施 PP_{333} 马铃薯相对延缓了幼苗基部叶片开始枯黄和整个植株整体出现永久萎蔫的天数, 对应的土壤含水量也相对较低(表 1)。

2.6 PP_{333} 对马铃薯块茎营养的影响

由表 2 可知, 干旱胁迫明显降低块茎淀粉和蛋白质含量(鲜重), 无论在干旱胁迫还是正常灌溉条件下喷施 PP_{333} 比不喷施均显著增加马铃薯块茎淀粉和蛋白质含量 ($P < 0.05$)。干旱胁迫下马铃薯块

茎还原糖含量显著增高,在干旱胁迫下喷施 PP₃₃₃ 比不喷施 PP₃₃₃ 马铃薯块茎还原糖含量增高 48.98%。正常灌溉条件下喷施 PP₃₃₃ 比不喷施 PP₃₃₃ 块茎中还还原糖含量(鲜重)增高 38.72%。干旱胁迫下马铃薯块茎维生素 C 含量增高,喷施 PP₃₃₃ 比不喷施显著提

高块茎维生素 C 含量($P < 0.05$)。正常灌溉条件下喷施 PP₃₃₃ 提高块茎维生素 C 含量但不显著。干旱胁迫下马铃薯块茎干物质积累量降低,且无论正常灌溉还是干旱胁迫下喷施 PP₃₃₃ 马铃薯块茎干物质积累量比不喷施 PP₃₃₃ 均有增高,但不显著。

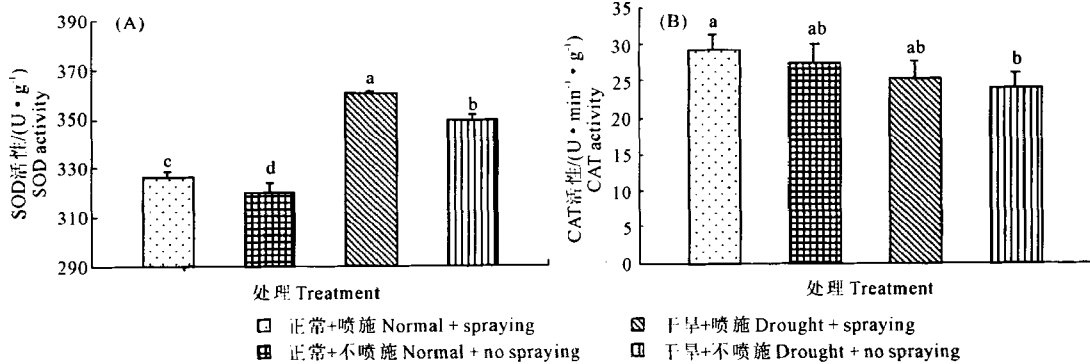


图 4 PP₃₃₃对干旱胁迫下马铃薯幼苗叶片 SOD 和 CAT 活性的影响

Fig.4 Influences of PP₃₃₃ on the activities of SOD and CAT in potato seedling leaves under drought stress

表 1 极端干旱胁迫下马铃薯幼苗基部叶片枯黄和出现永久萎蔫的天数及对应土壤含水量

Table 1 Days of yellow base leaves' emergence and permanent wilting in potato seedlings, and the corresponding soil water content under extreme drought stress

处理 Treatment	基部叶片枯黄 Withered and yellow base leaves emerge		幼苗永久萎蔫 Seedlings permanent wilting	
	天数/d Days	土壤含水量/% Soil water content	天数/d Days	土壤含水量/% Soil water content
正常 + 喷施 Normal + spraying	9.17b	5.64ab	13.5b	2.57a
正常 + 不喷施 Normal + no spraying	8.00c	5.91a	12.00c	2.78a
干旱 + 喷施 Drought + spraying	10.33a	4.97c	14.67a	2.35a
干旱 + 不喷施 Drought + no spraying	9.33b	5.26bc	13.5b	2.38a

表 2 PP₃₃₃对干旱胁迫下马铃薯块茎营养的影响

Table 2 Influences of PP₃₃₃ on the nutrient of potato tubers under drought stress

处理 Treatment	淀粉含量 Starch content /%	还原糖含量 Reducing sugar content /%	Vc 含量 Vitamin C content /(mg·100g ⁻¹)	蛋白质含量 Protein content /(mg·g ⁻¹)	干物质含量 Dry matter content /%
正常 + 喷施 Normal + spraying	24.18a	0.30c	33.86bc	5.60a	19.82a
正常 + 不喷施 Normal + no spraying	21.15b	0.21d	31.25c	4.90b	19.42ab
干旱 + 喷施 Drought + spraying	19.84c	0.59a	41.02a	4.90b	18.53ab
干旱 + 不喷施 Drought + no spraying	17.65d	0.40b	37.28b	4.54c	18.40b

2.7 PP₃₃₃对马铃薯株高、基径、单株结薯数、薯均重和地上生物量的影响

干旱胁迫抑制马铃薯植株高度的增加,无论正常灌溉还是干旱胁迫下喷施 PP₃₃₃ 皆显著降低马铃薯株高($P < 0.05$)。在正常灌溉条件下喷施 PP₃₃₃ 能显著增加基径,但在干旱胁迫下基径增加不明显。在正常浇灌和干旱胁迫下喷施 PP₃₃₃ 均降低马铃薯单株结薯数,显著提高薯均重($P < 0.05$)。正常灌

溉条件下喷施 PP₃₃₃ 显著抑制地上生物量增加,但干旱胁迫下喷施 PP₃₃₃ 抑制作用不显著(表 3)。

3 讨论与结论

丙二醛是细胞脂质过氧化产物,其含量可以反映植物细胞膜系统受伤害的程度。曹翠玲等^[4]研究发现多效唑能够降低干旱胁迫下玉米叶片丙二醛(MDA)含量和质膜相对透性的增加,从而保护叶片

细胞膜系统,提高抗旱性。多效唑处理干旱胁迫下百合幼苗同样降低了叶片丙二醛含量和电解质相对渗透率^[15]。本文研究表明,在干旱胁迫下,PP₃₃₃减缓了马铃薯叶片膜透性的增加,抑制MDA含量的升高(图2),这与前人研究结果相一致,说明PP₃₃₃对干

旱胁迫下马铃薯叶片细胞膜系统具有保护作用,提高了马铃薯幼苗的抗旱能力。本研究还发现在干旱胁迫下喷施PP₃₃₃马铃薯鲜叶片叶绿素含量下降幅度减小(图1B),这有利于干旱胁迫下马铃薯幼苗的光合作用和生物量的累积。

表3 PP₃₃₃对干旱胁迫下马铃薯株高、基径、单株结薯数、薯均重和地上生物量的影响

Table 3 Influences of PP₃₃₃ on the plant height, stem base diameter, tuber number per plant, weight per tuber and aerial part biomass under drought stress

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	基径 Stem base diameter /cm	单株结薯数/个 Tuber number per plant	薯均重 Weight per tuber /g	地上生物量 Aerial part biomass /(g·plant ⁻¹)
正常 + 喷施 Normal + spraying	41.33b	1.37a	11.00b	21.03a	179.25b
正常 + 不喷施 Normal + no spraying	56.67a	1.07b	16.00a	14.29b	223.17a
干旱 + 喷施 Drought + spraying	38.33b	1.30a	10.67b	17.09ab	175.86b
干旱 + 不喷施 Drought + no spraying	50.67a	1.20ab	13.33ab	8.96c	175.09b

脯氨酸和可溶性糖是植物体内重要的渗透调节物质,干旱胁迫下脯氨酸含量增加能够维持各器官较强的渗透能力;可溶性糖含量增加可以使细胞液浓度增高,吸水能力及保水能力增强,从而提高植物体对干旱胁迫的适应能力,因此,脯氨酸和可溶性糖含量的变化在一定程度上反映其抗旱能力^[16-18]。百合组培苗抗旱性研究中发现,在水分胁迫下PP₃₃₃处理可以提高百合叶片的可溶性糖和脯氨酸含量^[5],中等浓度PP₃₃₃使干旱胁迫下金叶女贞叶片可溶性糖和脯氨酸含量增加^[19]。本文研究结果显示,干旱胁迫下叶面喷施PP₃₃₃提高马铃薯鲜叶片可溶性糖和脯氨酸含量(图3),表明PP₃₃₃能增强马铃薯叶片抗渗透胁迫的能力。

干旱胁迫下植物内活性氧积累使植物体遭受损害,而SOD和CAT是植物体内清除O₂⁻和H₂O₂的重要酶类,其活性增高可以降低活性氧对植物体的伤害,曹翠玲等研究发现PP₃₃₃显著提高玉米幼苗的SOD和CAT活性^[15]。本文研究表明PP₃₃₃提高了马铃薯鲜叶片内SOD和CAT活性(图4),说明PP₃₃₃能提高马铃薯叶片内活性氧清除效率。

在干旱胁迫下,植物遭受活性氧累积和酶系统损伤等一系列胁迫和伤害,当胁迫达到一定程度时,则造成植物器官和整个植株的死亡。本研究发现干旱胁迫下的马铃薯幼苗相对于正常灌溉的幼苗对极端逆境的适应性有所提高(表1),这可能与其前期接受了干旱胁迫的锻炼有关;研究还发现PP₃₃₃处理幼苗基部叶片枯黄的时间和永久萎蔫的时间显著延长(表1),说明PP₃₃₃提高了马铃薯抗极端逆境的能力。

在PP₃₃₃影响马铃薯块茎营养和产量方面,赵昶等^[20]研究发现PP₃₃₃提高马铃薯产量,增加块茎中干物质、淀粉和维生素C含量,李云亚等^[9]在关于PP₃₃₃在马铃薯的应用研究中有相近的结论。本研究发现,干旱胁迫下PP₃₃₃提高了马铃薯块茎干物质含量、淀粉含量、维生素C含量、蛋白质含量和块茎中还原糖含量(鲜重)(表2),这与前述PP₃₃₃提高了马铃薯叶片叶绿素含量是相对应的。

PP₃₃₃对植物生长的影响主要通过影响贝壳杉烯氧化酶,作用于靶酶后阻止贝壳杉烯向贝壳杉烯醇的转化从而抑制赤霉素的生物合成,进而抑制植株生长^[21]。本文研究结果中,干旱胁迫下PP₃₃₃降低了马铃薯株高、增加基径粗和抑制地上生物量(表3)也验证了上述机理。总之,干旱胁迫下马铃薯幼苗叶面喷施PP₃₃₃能改变植株生长发育,改善马铃薯块茎营养,增强马铃薯的抗旱性。

干旱胁迫下植物对逆境的抗性可以表现在形态、生理、基因表达和蛋白合成诸多方面,关于PP₃₃₃对马铃薯幼苗在干旱胁迫下抗旱性的研究,我们发现PP₃₃₃能降低地上部分的生物量,这对减少水分蒸腾具有一定作用;而抗氧化酶(SOD)活性的提高和渗透调节物质的增加则是提高抗旱性的又一个重要原因,这使得其叶片在干旱胁迫下脂质过氧化程度和细胞膜损伤程度下降。PP₃₃₃对马铃薯形态和抗性生理的改变除其对赤霉素水平的影响外,可能还与干旱胁迫下脱落酸代谢、相关基因表达、蛋白合成及糖代谢过程有关,这可能也是PP₃₃₃影响马铃薯幼苗抗性生理和块茎营养的重要原因,这些内容值得在后续研究中深入开展。

参考文献:

- [1] 徐宗才,田 丰,刘 云.不同品种马铃薯叶片生理特性与抗旱性研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):153-155.
- [2] 李建成,王 蒂,雷武生.干旱胁迫对马铃薯叶片膜保护酶系统的影响[J].江苏农业科学,2007,(3):100-103.
- [3] 林叶春,胡跃高,曾昭海.节水措施对马铃薯生长及水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(1):54-60.
- [4] 抗艳红,赵海超,龚学臣,等.不同生育期干旱胁迫对马铃薯产量及营养的影响[J].安徽农业科学,2010,38(30):16820-16822.
- [5] 吴炫柯,李永键,黄樟华,等.多效唑处理对百合组培苗抗旱性影响初探[J].广西农业科学,2005,36(5):406-409.
- [6] 于明礼.多效唑对高羊茅草坪草生长和抗热性的影响[J].安徽农业科学,2008,35(1):190-191.
- [7] 高樟贵,郑贵夏,钟樟林.多效唑处理提高马尾松苗木质量的研究[J].四川林业科学,2008,29(1):60-62,67.
- [8] 何建平,王军辉,麻文俊,等.多效唑提高楸树抗旱性的效应[J].光谱实验室,2011,28(6):3334-3337.
- [9] 李云亚,杨如鸿.多效唑对马铃薯产量和淀粉含量的影响[J].耕作与栽培,2011,(2):31-33.
- [10] 邹 琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:11-12,72-74,110-111,129-130,159-169.
- [11] 赵世杰,许长城,邹 琦,等.植物组织中丙二醛测定方法的改进[J].植物生理学通报,1994,30(3):207-210.
- [12] 张永成,田 丰.马铃薯试验研究方法[M].北京:中国农业科学技术出版社,2007:166-169.
- [13] 崔辉梅,石国亮,安君和.马铃薯还原糖含量测定方法的比较研究[J].安徽农业科学,2006,34(19):4821-4823.
- [14] 李向荣,方 晓,褚爱珠.果蔬与饮品中Vc的碘化钾萃取分光光度测定[J].浙江农业大学学报,1994,20(5):522-524.
- [15] 曹翠玲,杨 力,胡景江.多效唑提高玉米幼苗抗旱性的生理机制研究[J].干旱地区农业研究,2009,27(2):153-158.
- [16] 刘晓东,孙广玉,李 威.干旱对苜蓿叶片葫芦巴碱含量和渗透调节能力的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):121-124.
- [17] 王 磊,孙广玉.干旱对大豆叶片葫芦巴碱含量和渗透调节的影响[J].中国沙漠,2010,30(3):552-555.
- [18] 杜 磊,赵尊练,巩振辉,等.水分胁迫对线辣椒叶片渗透调节作用的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):188-190.
- [19] 周桂荣,刘春燕,胡国强.多效唑对金叶女贞抗旱性的影响[J].北方园艺,2010,(12):88-90.
- [20] 赵 昶,白凤霞.多效唑对春薯5号马铃薯产量和营养的影响[J].吉林蔬菜,2010,(6):72-73.
- [21] Radmacher W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 2000, 51: 501-531.

Influences of PP₃₃₃ on potato seedling drought resistance and tuber nutrient under drought stress

SUN Ye-min^{1,2}, ZHANG Jun-lian^{1,3*}, WANG Wen⁴, LI Chao-zhou^{1,2}, WANG Di^{1,3}

(1. Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. College of Life Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

3. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

4. Jingtai Tiaoshan Farm, Baiyin, Gansu 730400, China)

Abstract: The influences of PP₃₃₃ on potato seedling drought resistance and tuber nutrient under drought stress were studied. The results showed that spraying PP₃₃₃ could reduce the plant height, tuber number per plant and aerial part biomass, and increase the stem base diameter and biomass of each tuber. Spraying PP₃₃₃ on the leaves of potato seedling under drought stress promoted the content of proline and soluble sugar and the activity of superoxide dismutase (SOD) significantly, alleviated the reduction of leaf water content and chlorophyll content, and the increase of MDA content and relative conductivity. Spraying PP₃₃₃ also increased potato seedlings' adaption under extreme drought stress. Spraying PP₃₃₃ under drought stress also promoted the content of starch, protein, reducing sugar, vitamin C and biomass in potato tuber. In conclusion, PP₃₃₃ can enhance potato seedlings' drought resistance and tuber nutrients under drought stress.

Keywords: PP₃₃₃; potato; drought stress; drought resistance; tuber nutrient