

水分胁迫对线辣椒叶片渗透调节作用的影响

杜磊, 赵尊练*, 巩振辉, 郭建伟, 牛哲辉, 郭永青

(西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以线辣椒“2号”、“6号”、“L14”品系为材料,采用盆栽方法,于定植 20 d(缓苗结束)后进行 5 个水分梯度的干旱胁迫处理,即土壤相对含水量分别为 45%、55%、65%、75%、85%(CK),于处理 20 天后的开花坐果期间测定不同水分胁迫下叶片的脯氨酸含量、可溶性糖含量及细胞膜相对透性,分析土壤相对含水量对线辣椒叶片渗透调节物质的影响。结果表明,随着水分胁迫程度的加重,3 个品系叶片内细胞膜相对透性、脯氨酸含量、可溶性糖含量均逐步上升,在土壤相对含水量为 45% 的处理下,2 号、6 号、L14 的细胞膜透性分别为对照的 1.38、1.47 和 1.35 倍,脯氨酸含量分别为对照的 2.00、1.47 和 2.00 倍,可溶性糖含量分别为对照的 1.67、1.35 和 3.70 倍。说明线辣椒可以通过渗透调节作用来适应干旱逆境。L14 在水分胁迫下细胞膜的结构和功能遭到破坏的程度较低,渗透调节和耐旱能力较强;6 号品系对外界环境变化的适应与抵御能力相对较弱,2 号品系居中。

关键词:线辣椒;水分胁迫;渗透调节物质

中图分类号:S641.3;S603.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7601(2010)03-0188-03

由于水资源不足和降水时空分布的不均,水分胁迫对我国农作物造成的损失在所有非生物胁迫中占首位^[1]。水分胁迫可引起细胞失水,导致植物体形态、生理生化发生变化。因此,植物在适应水分胁迫的过程中,不断通过渗透调节来适应环境的变化^[2]。渗透调节是指植物在逆境条件下,通过代谢活动增加细胞内溶质浓度来降低其渗透势和水势,从外界水势降低的介质中继续吸水保持膨压,以维持较正常的代谢活动^[3]。渗透调节的关键是细胞内渗透势的下降。而渗透势的下降又以细胞内溶质的积累为主要因素。参与渗透调节的溶质可以分为无机离子(K^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 等)和有机物质(可溶性糖、游离氨基酸、有机酸等)两类^[4]。

辣椒(*Capsicum annuum* L.)是一种重要的茄果类蔬菜,在全世界 60 多个国家和地区均有种植^[5,6]。其中,线辣椒果实细长,易于烘干(或风干)储藏,是很受国内外青睐的干椒类型,其规模化种植是我国辣椒产业的一大特色。有研究表明,干旱胁迫对辣椒渗透调节等生理机制影响较大。但目前的研究集中在以鲜食为主的青辣椒(灯笼椒、羊角椒)上。郑若良等^[7]研究了干旱胁迫对湘研系列青椒组织的相对含水量、叶绿素、脯氨酸含量及质膜相对透性的影响;蔡小东等^[8]研究了干旱胁迫对早杂 2 号青椒脯氨酸、MDA 含量的影响。而关于干旱胁迫对

线辣椒渗透调节作用的影响尚未见研究报道。本实验以 3 个线辣椒品系为材料,检测了水分胁迫对线辣椒叶片细胞膜相对透性以及脯氨酸和可溶性糖含量的影响,以期对线辣椒的抗旱栽培和抗旱品种的选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

供试材料为线辣椒品系“2号”、“6号”和“L14”,由西北农林科技大学园艺学院辣椒课题组提供。

1.2 试验设计

试验于 2009 年 4 月 7 日开始,运用常规方法浸种、催芽、育苗,待幼苗长至 9 叶 1 心时(5 月 17 日),选取长势一致的植株定植于 20 cm × 20 cm 的筒状陶盆中。培养土按有机肥 关中壤土 = 1:5 配制,每盆装土干重为 3.4 kg。定植 20 d(缓苗结束)后,通过控制土壤相对含水量进行干旱胁迫处理。每品系按照土壤含水量占田间最大持水量的百分数(即土壤相对含水量,下同)设 5 个水分梯度,即 45%、55%、65%、75% 和 85%(CK)。有研究表明,占田间持水量 85%~90% 比较适宜作物生长^[9],故将对照确定为田间最大持水量的 85%。共 15 个处理,每个处理 9 盆。采用称重法测定土壤相对含水量,每天测重 1 次,于傍晚 18:00 进行,当土壤相对含水量

收稿日期:2009-12-15

基金项目:农业部公益性行业科研专项“干制辣椒品种优化及安全高效生产关键技术研究示范(200903025-04)”;唐仲英育种基金“线辣椒新品种选育及优异种质资源创制”

作者简介:杜磊(1983—),男,山西灵石人,硕士研究生,研究方向为线辣椒育种和栽培研究。

* 通讯作者:赵尊练(1960—),男,研究员。E-mail: zhaozunli@public.xa.sn.cn.

下降到水分指标下限时,及时补水,维持处理水平,补水后经过土壤一夜的自动调节,水分可在栽植盆中分布相对均匀。

1.3 渗透调节物质含量的测定

干旱处理 20 d 后线辣椒进入开花期,选取植株中部正常的功能叶片混合采样,每个处理取 10 片叶片测定各项指标。脯氨酸含量用酸性茚三酮比色法测定;细胞膜相对透性用电导仪测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定^[10]。每个指标重复测定 3 次,取平均值,测定结果以所含物质含量的鲜重(FW)值表示。

1.4 数据处理

利用 Excel 和 SAS 软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对线辣椒开花期叶片细胞膜透性的影响

图 1 表明,随着水分胁迫程度的加重,3 个线辣椒品系的细胞膜透性均呈上升趋势,但上升幅度不同。6 号品系的细胞膜透性在土壤相对含水量为 65%~85% 的处理下变化不大,土壤相对含水量低于 55% 时,开始急剧上升;2 号和 L14 的细胞膜透性在土壤相对含水量为 75% 时即开始上升,在 55% 时,L14 上升幅度提高。总体来看,L14 在各个处理下细胞膜透性变化较小,6 号变化较大,2 号居中。在土壤相对含水量为 45% 时,2 号、6 号、L14 的细胞膜透性分别为对照的 1.38、1.47 和 1.35 倍,说明 L14 在水分胁迫下细胞膜的结构和功能遭到破坏的程度较低,对外界环境变化的适应与抵御能力较强;6 号对轻度水分胁迫的适应与抵御能力较强,对重度胁迫的适应与抵御能力较弱。

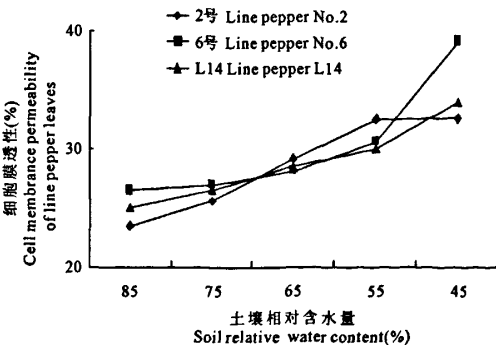


图 1 水分胁迫对线辣椒叶片细胞膜透性的影响
Fig.1 Effect of water stress on cell membrane permeability of line pepper leaves

2.2 水分胁迫对线辣椒开花期叶片游离脯氨酸含量的影响

从图 2 可以看出,随着水分胁迫程度的加重,3 个线辣椒品系叶片中的脯氨酸含量均明显提高。其中,L14 品系提高幅度较大,在土壤相对含水量为 45% 时,叶片中的脯氨酸含量达到最大,为 0.031621 mg/g,均为对照的 2 倍;6 号品系的变化幅度较小,在土壤相对含水量为 45% 时,叶片中的脯氨酸含量是对照的 1.5 倍。脯氨酸是植物体内的主要渗透调节物质,具有较强的水合能力,是细胞中的一种防脱水剂,在植物受旱时它的增加有利于细胞或组织的持水,防止脱水^[11]。在水分胁迫下,L14 和 2 号品系叶片中脯氨酸含量提高幅度较大,说明渗透调节和耐旱能力较强。

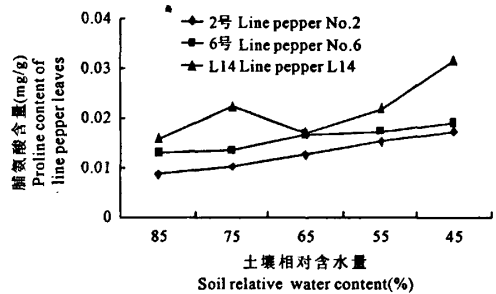


图 2 水分胁迫对线辣椒叶片脯氨酸含量的影响
Fig.2 Effect of water stress on free proline of line pepper leaves

2.3 水分胁迫对线辣椒开花期可溶性糖含量的影响

逆境下植物体内的可溶性糖会大量积累,既可作为能量储备,又是植物体内的渗透调节物质,减少外界对植物造成的伤害^[12]。图 3 显示,随着水分胁迫程度的加重,3 个线辣椒品系叶片中的可溶性糖含量均有所增加。6 号品系增加的幅度较小,在土壤相对含水量为 45% 时,叶片中可溶性糖含量为对照的 1.35 倍;L14 增加的幅度大,在土壤相对含水量为 65% 时,叶片中可溶性糖含量达到对照的 2.9 倍。在土壤相对含水量为 55% 和 45% 时,分别达到对照植株的 3.56 倍和 3.7 倍;2 号品系的增加幅度居中,在土壤相对含水量 55% 时,可溶性糖达到最大值 20.3587 mg/g,为对照的 1.98 倍。在土壤相对含水量为 45% 时,又有所下降,为对照的 1.67 倍。说明 L14 的抗旱性远远大于 2 号和 6 号品系。

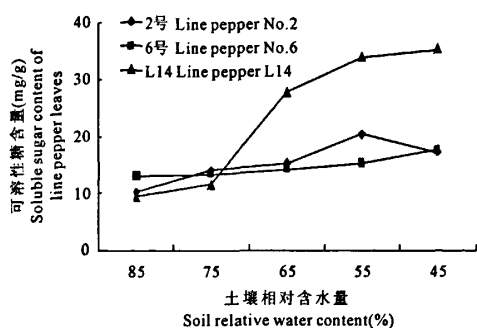


图3 水分胁迫对线辣椒叶片可溶性糖含量的影响

Fig.3 Effect of water stress on soluble sugar of line pepper leaves

3 讨论

植物细胞膜的透性反映了植物细胞对细胞内环境的稳定能力和对外界环境变化的适应与抵御能力,是抵抗渗透胁迫的主要生理指标之一^[13,14]。水分胁迫对植物危害的一个重要方面是对膜结构和组成成分的影响,干旱胁迫下植物膜系统先遭到破坏^[15]。脯氨酸是植物重要的渗透调节物质,因此,其含量的变化可以作为植物逆境胁迫的一种生理生化指标^[16~18]。可溶性糖是水分胁迫下植物体内的渗透调节物质,可以增加细胞原生质浓度,从而起到抗脱水作用^[19]。本研究表明,随着土壤相对含水量的降低,3个线辣椒品系叶片细胞膜透性均增大,游离脯氨酸和可溶性糖含量均明显增加,说明线辣椒可以通过渗透调节作用来适应干旱逆境。其中,水分胁迫下细胞膜透性增大的结果与 Seiler^[20]等人的研究结果一致;游离脯氨酸含量增加,与郑若良^[7]等在青辣椒以及其他作物上的研究结果一致;可溶性糖含量明显增加,与郭相平^[21]的研究结果相同。

总体显示:6号比2号、L14线辣椒叶片细胞膜透性增大的幅度大。3个线辣椒品系相比,随着水分胁迫程度的加重,L14的细胞膜透性变化最小、脯氨酸和可溶性糖含量提高幅度最大,6号品系的细胞膜透性变化最大、脯氨酸和可溶性糖含量提高幅度最小,2号品系居中。说明L14在水分胁迫下细胞膜破坏的程度较低,渗透调节和耐旱能力较强;6号品系对外界环境变化的适应与抵御能力相对较弱。

植物的抗逆性是一个非常复杂的性状。水分胁迫下植物体内表现出来的生理变化不是孤立的,而是由多种物质相互影响和相互制约,有关水分胁迫下渗透调节物质之间的相互影响机制,还需进一步探讨。

致谢:本研究在方案制定中曾得到上官周平研究员的指点,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 付秋实,李红岭,崔健,等.水分胁迫对辣椒光合作用及相关生理特性的影响[J].中国农业科学,2009,42(5):1859—1866.
- [2] Bréda N, Huc R, Granier A, et al. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of eco-physiological responses, adaptation processes and long-term consequences[J]. Annals of Forest Science, 2006, 63: 625—644.
- [3] Turnet N C. Concurrent comparisons of stomata behavior, water status, and evaporation of maize in soil at high or low water potential[J]. Plant Physiol, 1975, 55: 932—936.
- [4] 刘桂茹,陈秀珍,段文倩,等.水分胁迫下小麦叶片渗透调节能力与品种抗旱性的关系[J].河北农业大学学报,2002,25(2):12.
- [5] 庄灿然,吕金殿,梁耀琦.中国制干辣椒[M].北京:中国农业科学技术出版社,1995.
- [6] 赵尊练,严小良.中国线辣椒产业发展的思路与对策[J].中国农学通报,2003,19(5):176—179.
- [7] 郑若良,宋志荣.干旱胁迫对辣椒生理机制的影响研究[J].河北农业学报,2003,7(1):11—14.
- [8] 蔡小东,郭见林.PEG模拟干旱胁迫下辣椒相关生理指标的变化[J].湖南农业科学,2008,(6):49—50,58.
- [9] 王宝英.农作物高产的适宜土壤水分指标研究[J].灌溉排水,1996,15(3):35—39.
- [10] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000.
- [11] 韩瑞宏,田华,高桂娟,等.干旱胁迫下紫花苜蓿叶片水分代谢与两种渗透调节物质的变化[J].华北农学报,2008,23(4):140—144.
- [12] 翁森红.牧草耐盐性鉴定指标与方法的初步研究[D].北京:中国农业科学院,1990.
- [13] 刘景辉.土壤水分胁迫对燕麦叶片渗透调节物质含量的影响[J].西北植物学报,2009,29(7):1432—1436.
- [14] 贺红早,李苇洁,杨玲,等.干旱胁迫下顶坛花椒细胞膜透性和超氧化物歧化酶活性对Zn的响应[J].安徽农业科学,2008,36(2):423—424.
- [15] Hasegawa P, Bressan R A, Zhu J K. Plant cellular and molecular response to high salinity[J]. Ann Rev Plant Mol Biol, 2000, 51(4): 463—499.
- [16] 彭志红,彭克勤.渗透胁迫下植物脯氨酸积累的研究进展[J].中国农学通报,2002,18(4):80—83.
- [17] 汤章城,王育启,吴亚华.不同抗旱品种高粱苗中脯氨酸积累的差异[J].植物生理学报,1986,12:154—162.
- [18] 刘娥娥,宗会,郭振飞,等.干旱、盐和低温胁迫对水稻幼苗脯氨酸含量的影响[J].热带亚热带植物学报,2000,8(3):235—238.
- [19] 张智,夏宜平,徐伟伟.两种观赏草的自然失水胁迫初步研究[J].园艺学报,2007,34(4):1029—1032.
- [20] Seiler J R. Photosynthesis and transpiration of loblolly pine seedlings as influenced by moisture stress conditioning[J]. Forest Sci, 1985, 31(3):742—749.
- [21] 郭相平,郭枫,刘展鹏,等.水分胁迫及复水对玉米光合速率及可溶性糖的影响[J].玉米科学,2008,16(6):68—70.

(英文摘要下转第198页)

- 策研究[D].北京:中国环境科学研究院,2006.
- [18] 黄 丰.三峡库区农业非点源污染规律调查研究[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [19] 叶 飞.江苏省水环境农业非点源污染综合评价与控制对策研究[D].南京:南京农业大学,2005.
- [20] 张宏艳.发达地区农村面源污染的经济学研究[D].上海:复旦大学,2004.
- [21] 武淑霞.我国农村畜禽养殖业氮磷排放变化特征及其对农业面源污染的影响[D].北京:中国农业科学院,2005.

Empirical study on Environmental Kuznets Curve of non-point source pollution

— A case study of agricultural input and agricultural waste's output in Shaanxi Province

CHEN Yong^{1,2}, FENG Yong-zhong^{1,2}, YANG Gai-he^{1,2}

(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. The Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shannxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 9 time series data indicators of agricultural non-point source pollution in Shaanxi Province were chosen, which included total input density of fertilizer, input density of N fertilizer, input density of P fertilizer, input density of K fertilizer, input density of compound fertilizer, input density of agricultural film, input density of pesticide, load of livestock and poultry's manure & urine, and load of crop residues. Meanwhile, Environmental Kuznets Curve model (EKC) was built to examine the relationship between the 9 indicators and the growth of economy in Shaanxi. The outputs of livestock and poultry's manure & urine were computed by the method of discharging coefficient, and the outputs of crop residues were computed by harvest coefficient. Results: The per hectare loads of total fertilizer, N fertilizer, P fertilizer, K fertilizer, compounded fertilizer and the manure & urine exhibited inverted-U relations with per capita GDP. While per hectare loads of agricultural film, pesticide and crop residues exhibited linear relations with per capita GDP. Conclusion: With the growth of economy, the input of fertilizer and output of manure & urine will reduce, but the consumption of agricultural film and pesticide and the outputs of crop residues will increase. The government should take effective measures to prevent the occurrence of agricultural non-point source pollution ahead of time.

Keywords: Environmental Kuznets Curve; empirical study; agricultural input; agricultural waste

(上接第 190 页)

Effects of water stress on osmosis-adjusting substances in leaves of line pepper

DU Lei, ZHAO Zun-lian*, GONG Zhen-hui, GUO Jian-wei, NIU Zhe-hui, GUO Yong-qing

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The line pepper No.2, L14 and No.6 were used as materials. Under the potted planting, an experiment was carried out with 5 water treatments, i.e. the relative soil water content of treatments was 45%, 55%, 65%, 75% and 85% (CK) of field capacity respectively. The free proline, soluble sugar and cell membrane permeability were determined 20 days after fix planting, and the effect of water stress on osmosis-adjusting substances was analyzed in line pepper. The results showed that the cell membrane permeability, proline content and soluble sugar content of leaves were gradually increased as the severity of water stress increasing. In the soil relative water content of 45%, the cell membrane permeability of No.2, No.6 and L14 was 1.38, 1.47 and 1.35 times of control (soil relative water content 85%), respectively. The proline content was 2.00, 1.47 and 2.00 times of control, and the soluble sugar content was 1.67, 1.35, and 3.70 times of control. These indicate that the line pepper can regulate the osmosis-adjusting substances to adapt to water stress. Under water stress, the destruction of membrane structure and function in L14 is not serious and this indicates the drought resistance of L14. The drought tolerance of No.6 is weak, while that of No.2 is middling.

Keywords: line pepper; water stress; osmosis-adjusting substance