

不同土壤水分含量对黄冠梨叶片光合效率和抗氧化特性的影响

张晓峰, 韩翔, 张建光

(河北农业大学 园艺学院, 河北省梨工程技术研究中心, 河北 保定 071001)

摘 要:以 2 a 生黄冠梨盆栽苗为试材, 研究了不同土壤水分含量(75%、65%、55%、40%)及喷施油菜素内酯(BR)对叶片光合效能和抗氧化特性的影响。结果表明:当土壤含水量维持在 75%左右时, 叶片的光合效率最高, 比 65%、55%和 40%土壤湿度分别提高了 22.0%、78.5%和 70.9%。当土壤含水量维持在 75%左右时, 超氧化物歧化酶(SOD)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性均较低, 随着土壤含水量降低, 抗氧化酶活性增强, 土壤含水量维持在 55%时, 活性达到最高, 但当土壤含水量降低到 40%时, 活性又显著降低;在土壤水分处于胁迫或非胁迫条件下, 喷施油菜素内酯均可提高叶片 SOD 和 APX 活性, 4 种土壤水分处理 SOD 活性提高 39.1%~113.3%, APX 活性提高 28.8%~141.7%, 而且, 在发生土壤水分胁迫时(55%和 40%), 喷施油菜素内酯显著地增加了叶片坏血酸(AsA)的含量;此外, 喷施油菜素内酯还能改变叶片净光合速率日动态变化模式。

关键词:梨;油菜素内酯(BR);净光合速率;抗氧化;水分胁迫

中图分类号:S 661.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)10-0007-05

水分胁迫是梨果生产中经常遇到的问题。梨树需水量较多, 对土壤水分的反应比较敏感。水分过剩会诱使树体旺长, 果实品质下降, 同时造成水资源的浪费;而水分不足则直接影响梨树正常的生长和发育, 造成减产和果实品质下降。因此, 研究不同土壤水分条件下梨树生理反应, 对于提高水分利用率、保障梨果生产可持续发展具有重要的意义。

黄冠梨经济效益较高, 已经成为我国主栽品种之一^[1]。油菜素内酯(BR)是近年来新研发的植物生长调节剂, 在促进作物生长、提高产量、改善品质、提高光合作用和抗逆性等方面具有显著的效应^[2-5]。有研究表明, 喷施油菜素内酯可降低 CSH-5' 和 CSH-6' 2 个高粱品种中吲哚乙酸氧化酶(IAAO)活性^[6];喷施油菜素内酯能够降低中度和重度水分胁迫时珍珠梅幼苗电解质的渗漏^[7];张钰娴等^[8]研究认为, 叶面喷施天然 BR, 可显

著提高苹果叶片叶绿素和类胡萝卜素含量;邱春莲等^[9]报道, 0.3 mg/L 的 BR 可显著提高核桃叶片的光合速率。但不同土壤水分条件下, 油菜素内酯对梨叶片光合及抗氧化效应尚鲜见报道。

虽然在不同土壤水分条件下梨树光合性能或抗氧化特性方面已有一些零星研究^[10-14], 但将二者联系起来的研究尚少。随着土壤水分胁迫程度的加剧, 山梨叶片净光合速率呈先升高后降低的趋势^[15];土壤水分胁迫会降低梨叶片组织相对含水量, 使叶片脯氨酸含量上升^[16];王国泽^[17]研究指出, 水分胁迫影响质膜氧化还原系统的运转;孙继亮等^[18]试验证明, 干旱胁迫对梨树的光合作用能力产生了抑制作用;胡春霞等^[19]指出, 随着土壤水分胁迫的加剧, 南果梨叶片叶绿素含量呈下降趋势。

该试验旨在研究不同土壤水分条件下, 梨树叶片抗氧化特性和光合性能的变化规律, 探索油菜素内酯对缓解梨叶片水分胁迫、提高光合性能方面的作用, 以便为今后梨树合理灌水、提高水分利用率以及减轻干旱胁迫提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 2011 年嫁接的 2 a 生黄冠梨盆栽苗。采用塑料盆栽容器(高 25 cm、底径 20 cm、口径 30 cm)栽

第一作者简介:张晓峰(1986-), 女, 在读硕士, 研究方向为果树栽培生理与生态。E-mail: cycz145692@163.com.

责任作者:张建光(1957), 男, 博士, 教授, 硕士生导师, 现主要从事果树优质丰产生理及栽培技术研究工作。E-mail: zhjg2353@sina.com.

基金项目:国家梨产业技术体系科研专项资助项目(CARS-29-13);河北省自然科学基金资助项目(C2010000770)。

收稿日期:2013-01-17

培。盆内装入混有 5% 的有机-无机复合肥的果园土,测得土壤最大绝对持水量为 28.7%。油菜素内酯选用 0.2% 可溶性粉剂,由上海源叶生物科技有限公司生产。配制时先用少量 70% 乙醇溶解原药,然后再用清水配成所需浓度(0.2 mg/L)。

1.2 试验方法

试验于 2012 年在河北省梨工程技术研究中心实验室和河北农业大学试验教学基地进行。设清水(对照)和喷施 0.2 mg/L 的 BR 2 种处理,试验期间盆土相对湿度控制在 75%、65%、55% 和 40%,每处理 3 次重复。苗木在生长季前期正常管理,当新梢停止生长后(6 月初)开始进行控水处理,当土壤水分控制至目标含量时,喷施清水或 BR 溶液。喷施时间选择晴天上午 9 时左右进行,将叶片正反两面均匀喷施,连续喷 2 d。为防止降雨对试验的干扰,在室外搭设防雨棚,遇雨时进行遮盖。用浙江托普仪器有限公司生产的 TZS-IW 型土壤水分温度速测仪进行土壤含水量的监控,每天适量补充由于蒸腾和蒸发导致的水分损失。

1.3 项目测定

1.3.1 净光合速率测定 喷施油菜素内酯和清水对照后,选择连续 3 个晴天进行叶片净光合速率(Pn)日变化测定,仪器采用上海旦鼎国际贸易有限公司生产的 LCI 型便携式光合仪。测定时间为 8:00~16:00,每隔 2 h 测定 1 次。每个土壤水分处理随机选取 3 株梨苗,每株选择植株中部 5 片无病虫害且洁净叶片进行测定。

1.3.2 抗氧化指标测定 测完光合指标后,立即采取叶样并用冰盒保存带回实验室,用于叶片抗氧化各项指标测定。超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)光还原法测定;抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性参照龚吉蕊等^[20]的方法;抗坏血酸(AsA)含量按照何文亮等^[21]的方法测定。每个指标重复测定 3 次。

1.4 数据分析

数据均使用 DPS 统计分析软件处理。

2 结果与分析

2.1 不同土壤水分含量及喷布 BR 对叶片光合效能的影响

2.1.1 对叶片净光合速率(Pn)的影响 由图 1 可知,不同土壤水分含量对于梨叶片净光合速率有明显的影响。当土壤湿度维持在 75%($10.97 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)和 65%($8.99 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)时,二者差异达到极显著水平。然而,当土壤湿度达到胁迫程度时(55%和 40%),叶片净光合速率仅为 6.15 和 $6.42 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,与前 2 个水分处理均出现极显著差异。研究结果表明,该试验范围内,75%左右的土壤湿度叶片光合速率最高,随着土壤湿度下降,叶片净光合速率显著降低,当含水量达到 55%时,对叶片净光合速率抑制似乎达到阈值极

限,以后土壤含水量再降低到 40%,叶片净光合速率下降幅度无显著变化。与对照相比,喷施油菜素内酯可相应提高同一土壤含水量处理叶片净光合速率。其中,75%土壤水分喷施处理比对照提高了 66.7%,与其它土壤水分喷施处理相比,差异均达到极显著水平。其次为 65%和 55%土壤水分处理,比相应对照分别增加 50.1%和 120.5%,与 40%土壤水分处理喷布生长调节剂的相比,也达到了差异极显著水平。该试验结果说明,适宜土壤水分含量时,油菜素内酯能显著提高叶片光合效率,净光合速率最大。随土壤水分减少以致进入胁迫状态,油菜素内酯显著提高了叶片的净光合速率,且与 75%土壤含水量时未喷施的植株净光合速率相近,但因为受到土壤水分胁迫的缘故,没有 75%土壤含水量时净光合速率大。

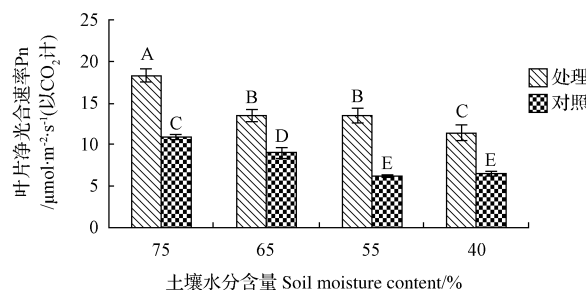


图 1 不同土壤水分含量及喷布油菜素内酯对梨叶片净光合速率的影响

Fig. 1 Effect of different soil moisture contents and spraying brassinosteroid on leaf Pn

2.1.2 叶片净光合速率(Pn)日变化 由图 2 可知,不同土壤水分条件下,梨叶片净光合速率日变化为双峰曲线,峰值分别在 10:00 和 14:00,12:00 出现午休现象,Pn 降低。无论全天的哪个时间段,净光合速率变化均表现为,随着土壤含水量降低而逐渐降低(只有 40%处理 16:00 时的 1 个值除外)。该试验结果表明,土壤湿度维持在 75%左右时,全天各时段叶片净光合速率均较高。由图 3 可知,喷布油菜素内酯后,叶片净光合速率日变化呈单

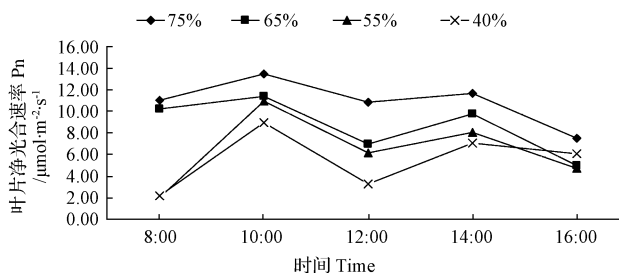


图 2 不同土壤水分含量对梨叶片净光合速率日变化的影响

Fig. 2 Effect of different soil moisture contents on diurnal leaf Pn variation

峰曲线,75%和65%土壤湿度条件下,峰值出现在10:00左右,而55%和40%土壤湿度条件下,峰值出现在12:00左右。就全天各时段日变化幅度而言,以75%土壤水分条件下净光合速率增加幅度为最大。当土壤湿度降低到55%时,光合效率显著降低,随后即使土壤湿度进一步降低到40%,其对光合效率的影响也不再明显,说明55%土壤含水量可能是影响光合效率的阈值界限。

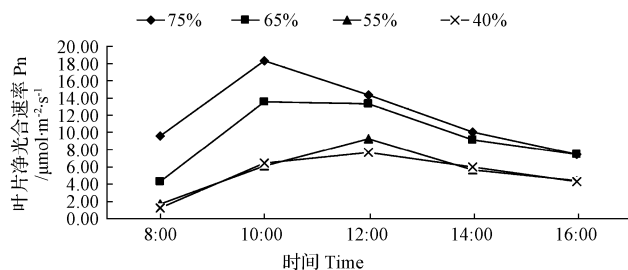


图3 喷布油菜素内酯对梨叶片净光合日变化的影响

Fig. 3 Effect of spraying brassinosteroid on diurnal leaf Pn variation

2.2 不同土壤水分含量及喷布 BR 对叶片抗氧化性能的影响

2.2.1 超氧化物歧化酶(SOD)活性 由图4可知,当土壤含水量维持在75%左右时,SOD活性较低。随着土壤含水量降低,SOD活性增强,土壤含水量维持在55%时,活性达到最高。但当土壤含水量降低到40%时,SOD活性显著降低。该试验结果表明,在正常情况下,SOD处于较低水平,但当发生土壤水分胁迫时,叶片氧化胁迫程度加大,诱导了SOD活性的增强。但在严重胁迫下,超出了叶片自身的防护能力,导致SOD活性显著下降。喷布油菜素内酯后,均相应提高了各土壤水分处理叶片SOD的活性,75%、65%、55%和40%土壤水分胁迫处理SOD活性分别比相应对照提高了113.4%、50.1%、39.3%和39.1%。该试验结果表明,在土壤缺水的条件下,喷布油菜素内酯后,叶片SOD活性能够显著上升,且65%和55%土壤含水量时SOD活性提升幅度大于40%土壤含水量时,可见喷施油菜素内酯可显著提高叶片SOD活性。

2.2.2 抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性 土壤含水量对于APX活性有很大的影响。由图5可知,当土壤含水量维持在75%左右时,叶片APX活性处于较低水平。随着土壤含水量降低到65%和55%,叶片APX活性有显著升高的趋势。当土壤含水量维持在40%时,叶片APX活性显著降低,比65%和55%处理分别降低50.2%和46.4%。该试验结果表明,在一定范围内,随着土壤含水量降低,叶片APX活性提高,但当土壤含水量降低到55%以下时,叶片APX活性显著降低。喷布油菜素内酯后,均相应提高了各土壤水分处理叶片APX的活性,其中,以土壤含水量维持在55%时,叶片APX活性

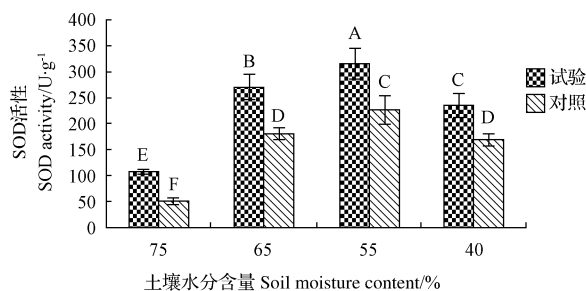


图4 不同土壤水分含量及喷布油菜素内酯对梨叶片SOD活性的影响

Fig. 4 Effect of different soil moisture contents and spraying brassinosteroid on leaf SOD activity

增幅最大,增加了77.4%。土壤含水量维持在65%和40%时,叶片APX活性增加幅度也达到了显著水平。该试验结果表明,喷施油菜素内酯能够提高土壤水分胁迫下叶片APX活性,从而有利于缓解叶片所受氧化胁迫。

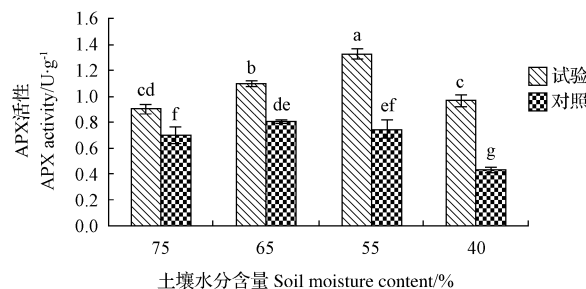


图5 不同土壤水分含量及喷布油菜素内酯对梨叶片APX活性的影响

Fig. 5 Effect of different soil moisture contents and spraying brassinosteroid on leaf APX activity

2.2.3 抗坏血酸(AsA)含量 土壤含水量对于叶片AsA含量有一定的影响。由图6可知,当土壤含水量维持在40%左右时,叶片AsA含量有增加的趋势。但从统计学角度看,除了与65%土壤水分有显著差异外,与

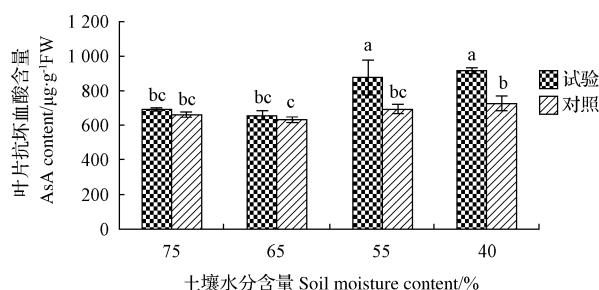


图6 不同土壤水分处理及喷布油菜素内酯对黄冠梨叶片AsA含量的影响

Fig. 6 Effect of different soil moisture contents and spraying brassinosteroid on leaf AsA contents

75%和55%土壤水分处理差异不大。喷布油菜素内酯后,75%和65%土壤水分处理与对照没有明显的差异,但55%和40%土壤水分处理与对照均出现显著差异,分别比相应对照提高26.6%和25.6%。试验结果表明,在土壤水分胁迫条件下,喷布油菜素内酯能够显著提高植株叶片抗氧化剂含量,从而减轻植株氧化胁迫程度,但在正常水分时其作用并不显著。

3 讨论

3.1 叶片光合效能与抗氧化特性的关系

叶片光合效率受内、外许多因素的影响,水分胁迫会导致叶片净光合速率降低^[18,22]。超氧化物歧化酶(SOD)是活性氧代谢的关键酶,植株在干旱条件下可通过提高酶活性来适应环境^[7,10,23-24]。该试验结果表明,在水分胁迫条件下,随着叶片氧化胁迫加重,光合效能降低,但通过喷布油菜素内酯,明显提高了叶片抗氧化能力,从而显著提高了叶片的光合效能。由此可见,在土壤干旱胁迫的条件下,通过改善叶片抗氧化性能是提高叶片光合效能的有效途径。

3.2 油菜素内酯的效应

一些研究表明,油菜素内酯能增加苹果和核桃等叶片相对含水量和临界饱和亏,降低自然饱和亏、需水程度、蒸腾速率、细胞膜透性和伤害率,减轻叶片的水分损失,提高苹果的抗旱性^[2],能够极显著地降低土壤水分胁迫对叶片净光合速率的损害程度^[25]。该试验不仅进一步验证了上述观点,而且还发现喷布油菜素内酯可以改变梨叶片净光合速率日变化动态模式,喷施油菜素内酯后消除了光合午休现象,使净光合速率日变化呈单峰曲线。这种现象的形成究竟是施用油菜素内酯后解除了中午高温造成的氧化胁迫,还是提高了叶片光合作用适宜上限温度有待于证实。

3.3 适宜土壤含水量的探讨

一般认为,田间土壤持水量达到最大持水量的60%~80%时,最适宜果树的生长和发育^[1]。该试验通过对比4个不同土壤湿度处理,证实了在75%土壤水分条件下,叶片光合效能最高,土壤水分含量降到65%时,光合效能则极显著下降。而且,当土壤水分含量达到55%及其以下时,光合效能处于变化不大的较低水平。当然,盆栽由于容易受环境条件的影响,试验结果可能有一定局限性。然而,仅就提高叶片光合效能而言,建议生产上在生长季应维持75%左右的土壤湿度。至于75%以上土壤湿度对于光合效能的确切影响,则有待今后补充试验。

参考文献

- [1] 张玉星.果树栽培学各论[M].北京:中国农业出版社,2003:45.
- [2] 张玉萍,刘成生,孙少春,等.油菜素内酯在果树上的应用研究进展[J].安徽农业科学,2010,38(12):6153-6154,6157.

- [3] 冯朝红,李凯荣,张鹏文,等.干旱胁迫下油菜素内酯对文冠果苗木抗氧化酶活性和抗氧化剂含量的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(4):152-155.
- [4] Li K R, Wang H H, Han G, et al. Effects of brassinolide on the survival, growth and drought resistance of *Robinia pseudoacacia* seedlings under water-stress[J]. New Forests, 2008, 35(3): 255.
- [5] Abdel A, El-Mashad A, Mohamed H I. Brassinolide alleviates salt stress and increases antioxidant activity of cowpea plants (*Vigna sinensis*) [J]. Protoplasma, 2012, 249(3): 625-635.
- [6] Vardhini B V. Effect of brassinolide on certain enzymes of soughum growth in saline soils of Karaikal[J]. Journal of Phytology, 2012, 4(2): 30-33.
- [7] Li K R, Feng C H. Effects of brassinolide on drought resistance of *Xanthoceras sorbifolia* seedlings under water stress[J]. Acta Physiologiae Plantarum-Acta Physiol Plant, 2011, 33(4): 1293-1300.
- [8] 张钰娟,李凯荣,李振华.天然油菜素内酯对黄土丘陵区富士苹果集中生理指标的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(5):114-117.
- [9] 邱春莲,齐国辉.植物生长调节剂在果树生产中的应用(上)[J].北京农业,2004(11):24-25.
- [10] 王爱国,罗广华.植物的超氧化物自由基与羟胺反应[J].植物生理学通讯,1990(6):55-57.
- [11] 王国泽,刘永臣.干旱对梨树叶质膜氧化还原系统的影响[J].华北农学报,2007,22(6):127-129.
- [12] Marsal J, Girona J. Effects of water stress cycles on turgor maintenance processes in pear leaves (*Pyrus communis*) [J]. Tree Physio, 1997, 17(5): 327-33.
- [13] Li Y C, Fan W G, Chen S L. Soil drought stress on membrane-lipid peroxidation and antioxidant enzymes in pear rootstock[J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2008, 25(4): 437-441.
- [14] Sharma S, Sharma N. Changes in leaf water potential, electrolyte leakage, antioxidant system and anatomical characteristics in 'Flemish Beauty' pear induced by paclobutrazol during drought stress[J]. Advances in Horticultural Science, 2009, 23(1): 8-12.
- [15] 陶蕊,宋洪伟,李莉,等.水分胁迫对山梨净光合速率和光合有效辐射的影响[J].现代农业科学,2008,15(12):41-43.
- [16] 王进,欧毅,周贤文,等.土壤水分胁迫对梨叶片生理生化指标的影响[J].西南农业学报,2008,21(1):62-65.
- [17] 王国泽.水分胁迫对梨树叶质膜氧化还原系统的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):90-93.
- [18] 孙继亮,李六林,陶书田,等.干旱胁迫和复水对梨幼树生理特性的影响[J].应用与环境生物学报,2012,18(2):218-223.
- [19] 胡春霞,汤洁,王丽.水分胁迫对南果梨叶片生理生化变化的影响[J].安徽农业科学,2008,36(12):4836-4838.
- [20] 龚吉蕊,赵爱芬,张立新,等.干旱胁迫下几种荒漠植物抗氧化能力的比较研究[J].西北植物学报,2004,24(9):1570-1577.
- [21] 何文亮,黄承红,杨颖丽,等.盐胁迫过程中抗坏血酸对植物的保护功能[J].西北植物学报,2004,24(13):2196-2201.
- [22] 郝再彬,苍晶,徐仲.植物生理实验[M].哈尔滨:哈尔滨大学出版社,2004:101-108.
- [23] 赵岩丽.梨树的耗水规律及水分利用研究[D].邯郸:河北工程大学,2009:35.
- [24] 蒋明义,郭少川.水分亏缺诱导的氧化胁迫和植物的抗氧化作用[J].植物生理学通讯,1996,32(2):144-150.
- [25] 林植芳,李双顺,张东林,等.番茄氧化和过氧化氢作用的变化[J].植物生理学报,1988,30(4):382-387.

Cu^{2+} 胁迫下三种蔬菜四种抗氧化生理指标的变化

马沛勤, 陈莉, 陈俊

(运城学院 生命科学系, 山西 运城 044000)

摘要:以油菜、生菜、茼蒿的幼苗为试材,研究了不同浓度 CuCl_2 溶液(0、40、80、120、160 mg/L)胁迫下3种蔬菜的生理生化指标(SOD活性、POD活性、MDA含量、维生素C含量)的变化。结果表明:随 CuCl_2 胁迫浓度的升高,3种蔬菜超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性均呈先升后降的趋势,活性变化主要由种间和 CuCl_2 胁迫引起;丙二醛(MDA)含量呈逐渐上升趋势,含量变化主要由浓度引起;维生素C含量呈先降再升趋势,含量变化与种间和胁迫浓度都有关。试验推测,茼蒿的抗铜胁迫机制可能以SOD、POD活性平衡上升为主,油菜的抗铜胁迫机制可能与维生素C含量上升关系密切。

关键词:油菜;生菜;茼蒿; Cu^{2+} ;SOD;POD;MDA;维生素C

中图分类号:S 636 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)10-0011-04

目前,重金属造成的土壤污染日趋严重。 Cu^{2+} 是植物生长所必需的微量元素之一, Cu^{2+} 的不足会导致蔬菜生长受到抑制,但 Cu^{2+} 又是一种重金属元素,过量的铜又会使蔬菜受到毒害。大多数植物对 Cu^{2+} 具有敏感性,

土壤中的 Cu^{2+} 稍微过量便会对蔬菜产生毒害作用。铜盐毒害往往造成蔬菜生长缓慢或停止生长,甚至死亡^[1]; Cu^{2+} 也会通过食用蔬菜在人体中积累,危害人体健康。油菜、生菜、茼蒿是深受人们喜爱的3种蔬菜,现以3种蔬菜为试材,研究不同浓度 CuCl_2 胁迫下蔬菜体内生理生化指标的变化以及3种蔬菜对铜胁迫的适应性。该试验对重金属的毒害机理和作物的抗性机理进行了研究,对蔬菜生产、抗性品种合理开发利用、抗性基

第一作者简介:马沛勤(1960-),女,本科,副教授,研究方向为遗传进化。E-mail:peiqinma@163.com

收稿日期:2013-01-17

Effect of Different Soil Moisture Contents on Net Photosynthetic Rate and Antioxidant Abilities in Huangguan Pear Leaves

ZHANG Xiao-feng, HAN Xiang, ZHANG Jian-guang

(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Pear Engineering and Technology Research Center of Hebei Province, Baoding, Hebei 071000)

Abstract: With two years old potted 'Huangguan' pear trees as material, the effect of different soil moisture contents and spraying brassinosteroid(BR) on leaf Pn and antioxidant ability in leaves were investigated in 'Huangguan' pears. The results showed that, when the soil moisture content maintained about 75% or so, the maximum leaf Pn was observed, being 22.0%, 78.5% and 70.9% higher than 65%, 55% and 40% soil moisture treatments, respectively. As soil moisture contents decreased, the net photosynthetic rates reduced but when the content reached 55% or below, the leaf Pn remained a lower level without significant changes. Moreover, when soil moisture content maintained 75% or so, a lower level of SOD and APX activity was found but as soil moisture contents decreased, the activity of both enzymes increased and when the soil moisture content reached 55%, the activity achieved the maximum. However, when the soil moisture content decreased to 40%, the activity reduced significantly. Under stressed or unstressed soil moisture conditions, spraying BR could significantly increase leaf SOD and APX activities, with SOD activity from four soil moisture treatments increasing by 39.1%~113.3% and APX by 28.8%~141.7%. Furthermore, when the soil moisture stress(55% and 40%) occurred, the AsA contents in leaves rised. In addition, applying BR could change the diurnal leaf Pn pattern.

Key words: pear; brassinosteroid(BR); net photosynthetic rate; antioxidant; drought stress