

# 硅处理对水分胁迫下的苹果幼树生理特性的影响

范春丽, 赵 奇

(郑州师范学院 生命科学院, 河南 郑州 450044)

**摘 要:**以3年生“烟富3”幼树为试材,通过盆栽试验,研究了水分胁迫过程中叶面喷施硅对苹果幼树叶片中相对含水量(RWC)、脯氨酸、丙二醛(MDA)含量以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性的影响。结果表明:在水分胁迫过程中,喷施硅预处理能有效缓解轻度胁迫条件下的叶片相对含水量的减少、降低丙二醛含量、增加脯氨酸含量、提高抗氧化酶活性,但在重度胁迫条件效果不明显。

**关键词:**硅;苹果;水分胁迫;生理特性

**中图分类号:**S 661.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)05-0030-04

苹果是我国农业生产中重要的经济作物,是环渤海湾地区、黄土高原和黄河故道地区农民增收的主要来源。由于其大多种植在山地丘陵,缺乏良好的灌溉条件,加上降雨不均,导致果园由于水分亏缺引起的水分胁迫现象经常发生。因此研究苹果在水分胁迫条件下的生理特性变化,对指导生产有着重要的理论和实践意义。

大量的研究表明,硅作为植物生长的有益元素,能够有效的促进植物的生长发育、改善品质、提高植物的生物学产量和增加抗逆性。近年来,关于外源加硅对植物的抗盐性、抗寒性及抗冷性等逆境胁迫的研究日益增多<sup>[1-4]</sup>。但有关外源喷施硅对苹果的抗逆性的影响鲜有报道。现以盆栽3年生“烟富3”/M26/“海棠”苹果幼树为试材,采用叶面喷施的方法,研究了外源喷硅对水分胁迫条件下的苹果幼树生理情况的影响,以期在果树抗逆上的应用提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以盆栽3年生“烟富3”/M26/“海棠”,生长势良好、树势基本一致的幼树为试材。

### 1.2 试验方法

以浓度为400 mg/L硅酸钠( $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ )为硅源,于2014年5月初08:00开始对苹果幼树进行叶面喷施,以不滴水为度,每隔3 d喷施1次,共3次。水分设置3个处理:土壤含水量为饱和含水量的75%~80%

(CK)、土壤含水量为饱和含水量的60%~65%(轻度胁迫)、土壤含水量为饱和含水量的35%~40%(重度胁迫)。硅处理后,采取土壤水分自然蒸发的方法,用称量质量补水法维持土壤含水量。每处理单株小区,5次重复。

### 1.3 项目测定

于硅处理0、7、14、21、28 d的10:00分别取枝条中部成熟叶片进行生理指标的测定。叶片相对含水量的测定采用HUANG等<sup>[5]</sup>称重法。游离脯氨酸含量测定采用茚三酮法<sup>[6]</sup>。丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥法<sup>[6]</sup>。超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用NBT光化还原法<sup>[6]</sup>。过氧化氢酶(CAT)活性测定采用紫外吸收法<sup>[6]</sup>。

### 1.4 数据分析

利用Excel进行数据处理及作图。用SPSS 17.0进行方差分析和Duncan多重比较,不同小写字母表示显著水平达 $P < 0.05$ ,不同大写字母表示显著水平达 $P < 0.01$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 硅对水分胁迫下苹果幼树叶片相对含水量的影响

叶片相对含水量常用来表示植株所受干旱胁迫的程度。由表1可以看出,在正常条件下,叶面喷施硅对苹果幼树叶片的相对含水量没有显著影响,叶片相对含水量保持在87.28%~89.18%。在轻度胁迫条件下,从第21天开始,叶片的相对含水量达到极显著差异,叶面硅处理的显著高于CK。在重度胁迫条件下,从第7天开始,叶片相对含水量就开始达到极显著差异,虽然叶面硅处理显著高于CK,但是随着干旱天数的增加,叶片相对含水量下降幅度同样很大。

**第一作者简介:**范春丽(1978-),女,河南荥阳人,硕士,讲师,现主要从事生物技术等研究工作。E-mail:2271581631@qq.com.

**收稿日期:**2015-10-08

表 1

硅对水分胁迫下苹果幼树叶片相对含水量的影响

%

	处理天数/d				
	0	7	14	21	28
正常+CK	88.35±0.38aA	88.05±0.12aA	87.28±0.19aA	88.79±0.13aA	88.26±0.68aA
正常+Si	89.15±0.49aA	88.78±0.81aA	89.12±0.36aA	89.18±0.27aA	88.52±0.79aA
轻肋+CK	88.27±0.59aA	83.98±1.01aA	80.56±0.43aA	78.13±0.47bB	75.45±0.84bB
轻肋+Si	88.34±0.53aA	87.76±0.24aA	86.55±0.37aA	85.22±0.65aA	84.53±0.37aA
重肋+CK	88.15±0.54aA	75.24±0.97bB	63.15±0.43bB	58.69±0.54bB	55.23±0.49bB
重肋+Si	88.07±0.51aA	83.54±1.23aA	78.02±0.64aA	69.31±0.48aA	66.11±0.58aA

注:平均值±标准误(n=3);不同大写字母代表  $P<0.01$  差异,小写字母代表  $P<0.05$  差异。以下同。

## 2.2 硅对水分胁迫下苹果幼树叶片游离脯氨酸含量的影响

脯氨酸含量能很好的反应植物逆境损伤和抗逆能力。由表 2 可以看出,随着干旱程度的加重和持续时间的增长,脯氨酸含量的变化总体呈上升趋势。正常条件下,叶面是否喷施硅对脯氨酸含量的变化没有影响;轻度胁迫条件下,从第 14 天开始,叶片脯氨酸含量开始出

现显著性差异,在第 21 天脯氨酸含量达到峰值,在第 28 天时有所下降;重度胁迫条件下,叶片脯氨酸含量的变化从第 7 天开始出现显著性差异,比轻度胁迫条件提前了 7 d,叶面喷硅处理使脯氨酸含量在第 21 天时达到最大值,到第 28 天时缓解了脯氨酸含量的增加,但与 CK 相比没有显著差异。

表 2

硅对水分胁迫下苹果幼树叶片游离脯氨酸含量的影响

 $\mu\text{g/g DW}$ 

	处理天数/d				
	0	7	14	21	28
正常+CK	56.17±2.24aA	55.78±0.74aA	55.89±2.14aA	56.04±0.87aA	56.13±1.45aA
正常+Si	56.05±1.64aA	55.44±0.77aA	55.47±0.89aA	55.79±0.97aA	56.01±0.48aA
轻肋+CK	55.98±1.01aA	65.78±0.78aA	110.51±6.57aA	116.14±3.23aA	98.75±0.78aA
轻肋+Si	55.77±2.65aA	62.42±0.45aA	69.74±1.39bB	97.16±3.57bA	70.11±1.02bA
重肋+CK	55.61±1.25aA	120.57±0.19aA	198.72±2.31aA	367.14±8.79aA	391.11±9.88aA
重肋+Si	55.23±2.14aA	67.98±1.75bB	135.64±3.34bB	346.24±10.95aA	314.58±9.94aA

## 2.3 硅对水分胁迫下苹果幼树叶片丙二醛含量的影响

MDA 是植物体膜系统伤害的重要标志,是反应植物体发生膜脂过氧化反应强弱的指标。由表 3 可以看出,重度胁迫条件下,MDA 含量随着胁迫天数的延长总体呈上升趋势,与 CK 相比,在第 7、14 天达到显著性差异,说明叶面喷硅在这段时间显著地延缓了 MDA 含量的增加,但随着胁迫天数的延长效果不明显;在正常条件和轻度胁迫条件下,这种延缓 MDA 含量增加的作用不显著。

表 3

硅对水分胁迫下苹果幼树叶片丙二醛含量的影响

 $\mu\text{mol/g DW}$ 

	处理天数/d				
	0	7	14	21	28
正常+CK	14.31±1.11aA	15.02±0.31aA	14.70±1.75aA	14.98±1.58aA	14.22±1.24aA
正常+Si	13.57±1.75aA	14.09±2.71aA	13.58±1.12aA	14.54±1.97aA	14.63±0.78aA
轻肋+CK	13.82±3.14aA	14.67±0.72aA	14.67±0.97aA	16.26±1.11aA	15.17±0.98aA
轻肋+Si	13.83±1.84aA	13.95±0.97aA	14.33±0.67aA	14.35±1.05bB	14.35±0.97bA
重肋+CK	14.31±1.76aA	17.22±0.97aA	17.61±1.22aA	21.07±0.98aA	21.43±0.91aA
重肋+Si	13.96±2.21aA	15.88±0.86bB	15.97±0.46bA	20.15±1.02aA	18.93±1.05aA

表 4

硅对水分胁迫下苹果幼树叶片超氧化物歧化酶活性的影响

U/mg 蛋白

	处理天数/d				
	0	7	14	21	28
正常+CK	280.72±1.68aA	278.25±2.12aA	282.63±1.56aA	285.10±8.91aA	285.90±2.91aA
正常+Si	275.60±5.91aA	274.90±5.22aA	281.40±2.41aA	278.60±9.13aA	280.30±4.06aA
轻肋+CK	281.41±1.31aA	283.76±12.93aA	286.47±7.24bA	297.54±7.85bA	299.46±5.08bB
轻肋+Si	285.10±7.52aA	287.07±6.67aA	310.45±2.54aA	302.31±7.05aA	315.40±1.28aA
重肋+CK	280.13±8.25 aA	294.67±4.91aA	270.04±4.07aA	197.07±10.92aA	103.52±1.46bB
重肋+Si	281.40±10.82aA	299.47±9.35aA	277.14±8.04aA	200.47±4.42aA	145.64±1.18aA

## 2.5 硅对水分胁迫下苹果幼树叶片过氧化氢酶活性的影响

$H_2O_2$  具有氧化性,是造成毒害活性氧的重要来源,植物在逆境胁迫下会产生  $H_2O_2$ ,累积到一定程度,会对植物体造成危害。CAT 可直接分解  $H_2O_2$ ,减轻  $H_2O_2$  造成的伤害。由表 5 可以看出,随着胁迫程度加重和胁迫

天数增加,CAT 活性有逐渐下降的趋势。在正常条件下,叶面喷硅对 CAT 活性的变化没有显著影响;在轻度胁迫条件下,随着胁迫天数的增加逐渐下降,但在第 28 天时,CAT 活性升高,而且叶面喷硅的效果更明显;在重度胁迫条件下,叶面喷硅从第 7 天开始显著地提高了 CAT 活性,一直持续到第 28 天,但总体的趋势依然向下。

表 5

硅对水分胁迫下苹果幼树叶片过氧化氢酶活性的影响

U/mg 蛋白

	处理天数/d				
	0	7	14	21	28
正常+CK	42.10±1.58aA	43.00±1.14aA	42.40±8.42aA	41.90±4.63aA	42.30±1.10aA
正常+Si	42.60±0.59aA	43.10±0.88aA	42.30±0.85aA	41.80±0.53aA	43.40±0.49aA
轻肋+CK	42.70±0.54aA	42.50±0.56aA	41.40±0.87aA	39.40±0.55aA	47.10±0.92bB
轻肋+Si	42.80±0.22aA	42.60±0.42aA	42.10±0.29aA	39.60±0.32aA	52.30±0.41aA
重肋+CK	42.06±1.63aA	36.90±0.51bB	31.20±0.57bB	25.90±0.42bB	19.20±0.75bB
重肋+Si	42.26±1.05aA	40.10±0.82aA	36.80±0.60aA	31.50±1.01aA	31.40±1.03aA

## 3 讨论

叶片相对含水量能很好的反映植株的水分状况,能在一定程度上反映出植株在发生水分亏缺时的适应能力<sup>[7]</sup>,被普遍用来作为反映植物在水分亏缺条件下能否维持生长的重要指标<sup>[8]</sup>。一般认为,在同样的水分亏缺条件下,叶片相对含水量下降幅度越大则植株的抗旱性越差<sup>[9]</sup>。脯氨酸作为渗透调节物质,在植物的抗旱生理中发挥着重要作用<sup>[10]</sup>,脯氨酸的积累能够增加细胞含水量和膨压势,增强植物根系对水分的吸收,提高植物的抗旱性<sup>[11]</sup>。在逆境条件下,植物体内会积累大量的脯氨酸,其积累量与逆境水平的强度及植物对这种逆境的抗性有关<sup>[12]</sup>。该研究表明,苹果幼树叶片在轻度胁迫和重度胁迫下,叶片相对含水量下降很明显,尤其是重度胁迫条件下,下降的特别明显,叶片喷硅后,能显著提高叶片的相对含水量,说明叶片喷硅能很好地缓解叶片相对含水量的降低;游离脯氨酸含量的变化趋势跟叶片相对含水量的变化相反,随着叶片相对含水量的不断降低而逐渐升高。

MDA 是膜脂过氧化的重要产物之一,其含量用来比较细胞膜发生膜脂过氧化作用的强弱,是衡量膜受伤害程度的重要指标<sup>[13]</sup>。在小麦上研究表明<sup>[14]</sup>,硅能够降低 MDA 含量,减轻膜脂过氧化的程度,保护膜的完整性。在该研究中发现,叶面喷硅在轻度胁迫条件下,第 21 天时能显著缓解 MDA 含量的上升,但对重度胁迫下的 MDA 含量变化不明显。

逆境胁迫能够诱导植物产生大量的自由基,自由基能使植物的膜系统受到损伤,而植物为了降低逆境胁迫对其造成的氧化伤害,形成了保护自身的抗氧化系统<sup>[15]</sup>。有研究表明,在水分胁迫下,外源加硅可以增加小麦<sup>[15]</sup>、玉米<sup>[16]</sup>、番茄<sup>[11]</sup>的 SOD 和 CAT 的活性,保护植物免受损伤。在研究中发现,叶面喷硅能显著提高苹果幼树叶面的 SOD 和 CAT 的活性,具体表现为在轻度

胁迫条件下提高 SOD 活性更显著,而在重度胁迫条件下,CAT 活性提高的更显著,从第 7 天开始,能达到极显著水平,但是活性的绝对值与正常条件下的 CK 相比依然较低。

综上所述,叶面喷硅能有效改善轻度水分胁迫条件下的生理特性,对苹果幼树长时间所处重度胁迫条件下的生理特性虽有所缓解,但实际效果不是很明显。

## 参考文献

- [1] GONG H J, CHEN K M, ZHAO Z G, et al. Effects of silicon on defense of wheat against oxidative stress under drought at different developmental stages[J]. Biol Plant, 2008, 52: 592-596.
- [2] SHI Y, ZHANG Y, YAO H J, et al. Silicon improves seed germination and alleviates oxidative stress of bud seedlings in tomato under water deficit stress[J]. Plant Physiol Biochem, 2014, 78: 27-36.
- [3] KIIRIKA L M, STAHL F, WYDRA K. Phenotypic and molecular characterization of resistance induction by single and combined application of chitosan and silicon in tomato against *Ralstonia solanacearum*[J]. Physiol Mol Plant P, 2013, 81: 1-12.
- [4] van BOCKHAVEN J, de VLEESSCHAUWER D, HÖFTE M. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way[J]. J Exp Bot, 2013, 64: 1281-1293.
- [5] HUANG B R, GAO H W. Physiological response of diverse tall fescue cultivars to drought stress[J]. Hort Science, 1999, 34(5): 897-901.
- [6] 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [7] KIM K S, BEARD J B. Comparative turf grass evapotranspiration rates and associated plant morphological characteristics[J]. Crop Science, 1988, 28: 328-331.
- [8] 罗淑平. 作物抗旱性鉴定的原理与技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1989: 116-136.
- [9] 王忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 45.
- [10] 张红萍, 牛俊义, 轩春香, 等. 干旱胁迫及复水对豌豆叶片脯氨酸和丙二醛含量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2008, 43(5): 50-54.
- [11] 王党峰. 硅处理对干旱胁迫下龙眼苗生理特性的影响[J]. 福州: 福建农业大学, 2010.
- [12] 黄诚梅, 杨丽涛, 江文, 等. 聚乙二醇胁迫对甘蔗生长前期叶片水势及脯氨酸代谢的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(1): 205-208.

DOI:10.11937/bfyy.201605009

## 二十个甜瓜新品种比较试验

程志强, 闫娜, 范君龙, 侯晟灿, 高歌, 霍治邦

(开封市农林科学研究院 西瓜研究所, 河南 开封 475001)

**摘要:**为了选择适合河南地区露地种植的甜瓜新品种,借助第三届国家西甜瓜之乡产业联盟大会在河南召开之际,引进20个甜瓜新品种进行筛选试验。结果表明:“甘甜2号”、“白玉”、“H122-7”、“白雪”、“ZW29”、“ZW31”、“ZW33”等品种产量表现较好;“早甜5号”、“4金F1”、“新甜瓜”、“白雪”、“ZW29”、“众天221”等品种品质表现较优;“早甜”品种品质有酸甜味道,值得关注;“L66”品种抗性强。从抗病、高产、优质综合性状评价结果来看,推荐“白雪”、“ZW29”品种在该地区小面积推广种植。

**关键词:**甜瓜;品种;性状评价

**中图分类号:**S 652 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)05-0033-03

甜瓜甘甜多汁、香脆可口,加之其大量上市季节在中原地区为春季水果淡季,消费量和栽培面积逐年扩大。据国家西甜瓜产业技术体系郑州综合试验站不完全统计,河南省2014年甜瓜栽培面积为1.9万hm<sup>2</sup>,甜瓜栽培已成为河南多地农民增收的一个主要途径。

但栽培中存在的突出问题是品种比较单一,基本上是以“玉金香”类型为主的厚皮甜瓜品种,该品种优点是产量高、品质好,缺点是抗病性差,尤其是膨果后期极易感蔓枯病而造成大面积减产甚至绝收,不适宜河南露地栽培。为此,开封市农林科学研究院借助第三届国家西甜瓜之乡产业联盟大会在河南召开之际,根据组委会向全国甜瓜育种专家征集的最新选育的20个甜瓜品种,在开封市通许县试验点种植,以选择引进适合河南地区栽培的甜瓜新品种,为大面积推广提供理论依据。

**第一作者简介:**程志强(1972-),男,硕士,副研究员,现主要从事西甜瓜育种与栽培等研究工作。E-mail:365223012@qq.com.

**基金项目:**国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-26-33);开封市重点推广资助项目(ZD1409)。

**收稿日期:**2015-10-08

[13] YUAN G F, JIA C G, LI Z, et al. Effect of brassinosteroids on drought resistance and abscisic acid concentration in tomato under water stress[J]. Sci Hortic Amsterdam, 2010, 126(2): 103-108.

[14] 宫海军, 陈坤明, 陈国仓, 等. 硅对小麦生长及其抗氧化酶系统的影响[J]. 土壤通报, 2003, 34(1): 55-57.

[15] GONG H J, ZHU X Y, CHEN K M, et al. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought[J]. Plant Sci, 2005, 169: 313-321.

[16] LI F M, WANG J, XU J Z, et al. Productivity and soil response to plastic film mulching durations for spring wheat on entisols in the semiarid Loess Plateau of China[J]. Soil Till Res, 2004, 78: 9-20.

## Effect of Silicon on Physiological Characteristics of Apple Young Trees Under Drought Stress

FAN Chunli, ZHAO Qi

(Life Science College, Zhengzhou Normal University, Zhengzhou, Henan 450044)

**Abstract:** Taking three-year-old potted cultured ‘Yanfu 3’ apple trees as material, the effect of spraying silicon on content RWC, proline content, MDA content and antioxidant enzyme activity (SOD activity, CAT activity) were studied under drought stress by pot experience. The results showed that exogenous silicon alleviated the RWC decreasing, increased the proline content, increased the activities of SOD and CAT, decreased the MDA content under the slight stress. There was no different effect under the severe water stress.

**Keywords:** silicon; apple; drought stress; physiological characteristic