

外源硒对砀山酥梨果实品质和硒含量的影响

刘群龙¹,郝燕燕¹,吴国良^{2*},郝国伟³,张鹏飞¹

(1. 山西农业大学 园艺学院,山西 太谷 030801; 2. 河南农业大学 园艺学院,河南 郑州 450002;
3. 山西省农业科学院 果树研究所,山西 太谷 030815)

摘要:以砀山酥梨(*Pyrus bretschneideri* Rehd. ‘Dangshan Suli’)为试材,通过叶面喷施0(CK)、5、10、20 mg/L亚硒酸钠,研究了外源硒对梨果实外在品质、内在品质以及果实硒含量的影响。结果表明:与CK相比,喷硒有利于提高梨果实的单果质量、纵径、横径、硬度(FF)以及果实可溶性固形物(SS)、蔗糖和硒的含量;但喷硒对果实总糖和总酸含量,以及糖酸比影响不显著。喷施5 mg/L硒可使果实FF、SS和硒含量分别较CK显著提高10.09%、6.08%和35.71%(P<0.05),使蔗糖含量极显著提高36.21%(P<0.01);喷施10 mg/L硒可使果实单果质量和横径分别较CK显著提高11.16%和2.81%(P<0.05);喷施20 mg/L硒可使果实单果质量和横径分别较CK极显著提高17.93%和4.22%(P<0.01),但使果实维生素C(Vc)含量显著降低12.81%(P<0.05)。叶面喷硒浓度与果实单果质量、横径和硒含量呈显著正相关,而与果形指数和Vc含量呈显著负相关(P<0.05)。因此,综合外源硒对梨果实外在和内在品质以及硒含量的影响,在幼果期和果实膨大期,宜喷施5 mg/L的亚硒酸钠。

关键词:梨; 硒; 果实品质

中图分类号:S661.2;S143.7⁺⁹ 文献标志码:A 文章编号:1004-3268(2015)08-0113-05

Effect of Spraying Exogenous Selenium on Fruit Quality and Selenium Content of Dangshan Suli

LIU Qunlong¹, HAO Yanyan¹, WU Guoliang^{2*}, HAO Guowei³, ZHANG Pengfei¹

(1. College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China;

2. College of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

3. Institute of Fruit Science, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taigu 030815, China)

Abstract: In this study, *Pyrus bretschneideri* Rehd. ‘Dangshan Suli’ trees were used as materials, and different concentrations of sodium selenite(0,5,10,20 mg/L) were sprayed to the trees to analyze the effect of selenium(Se) on the fruit quality and the Se content in fruit. The results showed that spraying exogenous Se could improve the single fruit weight, vertical length, transverse length, flesh firmness(FF), and the content of Se, sucrose and soluble solid(SS) in fruit. However, spraying Se had no significant effect on the total sugar and acid content, as well as the ratio of sugar to acid. When the spraying dosage of Se was 5 mg/L, the FF and the content of SS and Se in fruit significantly increased by 10.09%, 6.08% and 35.71% respectively(P<0.05), the sucrose content in fruit significantly increased by 36.21%(P<0.01). When the spraying dosage of Se was 10 mg/L, the fruit weight and the fruit transverse length significantly increased by 11.16% and 2.81% respectively(P<0.05). When the spraying dosage of Se

收稿日期:2015-03-25

基金项目:国家梨产业体系建设专项(Nycytx-29-30);国家自然科学基金项目(31171943);河南省重大科技攻关项目(092101110600);山西省星火计划项目(20090510012)

作者简介:刘群龙(1974-),男,山西垣曲人,副教授,博士,主要从事园艺植物栽培生理研究。E-mail:lql0288@126.com

*通讯作者:吴国良(1958-),男,山西万荣人,教授,博士,主要从事园艺植物栽培生理研究。E-mail:walnut-wu@126.com

网络出版时间:2015-08-06 11:15:06

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/41.1092.S.20150806.1115.001.html>

was 20 mg/L, the fruit weight and the fruit transverse length significantly increased by 17.93% and 4.22% respectively ($P < 0.01$), but the Vc content significantly increased by 12.81% ($P < 0.05$). The Se dosage was significantly positively correlated with the Se content in fruit, the single fruit weight and the fruit transverse length, and significantly negatively correlated with the fruit shape index and the Vc content in fruit ($P < 0.05$). Therefore, the 5 mg/L Se should be sprayed to the pears for improving the fruit quality, and the Se content at the young or rapid growing stage of the fruit.

Key words: pear; selenium; fruit quality

硒(Se)是人类必需的微量元素之一,具有抗癌防癌、预防衰老和增强免疫等多种生理机能^[1-2]。有关资料表明,世界上 40 多个国家和地区土壤缺硒,我国约有 2/3 的地区属于国际公认的土壤缺硒地区,其中约 1/3 的地区属于严重缺硒区^[3]。土壤缺硒导致植物硒含量降低,而植物是人体直接或间接摄入硒的主要来源,因此土壤缺硒必将严重影响人体健康。通过土施或叶面喷施硒肥,不仅可提高作物产品器官的硒含量^[4-5],而且可通过作物自身代谢,将人体利用率低的无机硒转化为人体利用率高的有机硒,达到通过食物链给人体补硒的目的。已有研究表明,在苹果^[6]、金桔^[7]和猕猴桃^[8]等果树上喷施或茎干注射亚硒酸钠,可提高果客单果质量,以及果实可溶性糖、可溶性固形物和维生素 C (Vc) 含量,降低果实有机酸含量,从而增加产量并改善果实品质。砀山酥梨(*Pyrus bretschneideri* Rehd. ‘Dangshan Suli’)是我国著名的晚熟梨优良品种,在辽宁、山西、山东、河南和安徽等地广泛栽培,而这些地区的土壤中均不同程度地存在缺硒问题。有关土施或叶面喷施亚硒酸钠对砀山酥梨果实在和内在品质以及果实硒含量的影响,尚未见系统报道。为此,在研究硒对梨树叶片衰老和抗氧化酶系统^[9]、光合同化物积累^[10],以及果实矿质元素含量^[11]的基础上,研究不同浓度亚硒酸钠对梨果实在和内在品质以及果实硒含量的影响,以期为梨树栽培中硒的科学使用和富硒梨果开发提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料与处理

试验于 2013 年 2 月至 2014 年 6 月进行。试验材料为山西农业科学院果树研究所梨树综合试验站的 10 年生砀山酥梨,砧木为杜梨(*Pyrus betulifolia* Bge.),株行距 3 m × 4 m。在每年萌芽前选择树势基本一致且干周相近的梨树进行标记,喷硒前再从标记梨树中选择生长健壮、结果量相当的树作为试验树,共 16 株。试验梨园土壤为砂壤土,园内 15 ~ 25 cm 土层平均硒元素含量 0.21 mg/kg。

采用单因素随机区组设计,单株小区,每行相近

的 4 株树为一个区组,重复 4 次。分别在 5 月下旬(幼果期)和 7 月中旬(果实膨大期)喷施 0(对照)、5(低浓度)、10(中浓度)、20 mg/L(高浓度)的分析纯亚硒酸钠(Na_2SeO_3),至叶片滴水为止。

1.2 试验方法

1.2.1 果实采收及其处理 当梨果实成熟后,在树体外围东南西北 4 个方向随机摘取 7 ~ 8 个无病虫害、无机械损伤的梨果共 30 个,进行果实感官品质、内在品质指标和硒含量测定。

1.2.2 果实感官品质指标的测定 用电子分析天平称所有果实的质量,平均单果质量(g) = 总质量/果实个数。用数显游标卡尺测定果实纵径和横径,计算果形指数,果形指数 = 果实纵径/果实横径。果实去皮后,在果实赤道线上每隔 120° 均匀选取 3 个点,用 GY - 1 型硬度计测定果实硬度(flesh firmness, FF),取平均值。

1.2.3 果实内在品质指标的测定 糖酸含量测定:果实去皮纵切后,每个果实取对角方向约 1/8 的果肉,用果汁机打成匀浆,用 WAJ 型阿贝折射仪测定可溶性固形物(soluble solid, SS)含量,每个样品测 3 次,取平均值。称取打成匀浆的梨果鲜样,采用斐林试剂滴定法测定果实蔗糖和总糖含量,采用 SB/T 10203—1994 中的酸碱滴定法测定果实总酸含量。果实糖酸比 = 总糖含量/总酸含量。采用 GB 6195—1986 中的 2,6 - 二氯靛酚滴定法测定果实 Vc 含量。

果实硒含量测定:采用国家标准 GB 5009.93—2010 中的 HNO_3 - HClO_4 消化—HCl 还原—氢化物原子荧光光谱法,测定果实硒含量。

1.3 数据整理与分析

原始数据采用 Excel 2003 整理;采用 SAS V8.0 进行 Duncan's 多重比较和相关性分析,不同的大、小写字母分别表示在 $\alpha = 0.01$ 、 $\alpha = 0.05$ 水平上差异极显著、显著。

2 结果与分析

2.1 喷硒对梨果客单果质量和果形指数的影响

由表 1 可知,与对照相比,叶面喷硒可显著提高

梨的单果质量,且随硒浓度增加,单果质量不断增加。喷施 20 mg/L 硒时,可使梨单果质量极显著提高 17.93% ($P < 0.01$)。喷硒对梨果实纵径和果形指数影响不显著。与对照相比,喷施 5、10、20 mg/L 硒,可使梨果实纵径分别提高 -0.62%、0.86%、1.11%,使果形指数分别降低 0.96%、1.92%、2.89%。喷硒提高了梨果实横径,且随硒浓度增加,果实横径不断增加,喷施 10 mg/L 和 20 mg/L 硒可分别使果实横径较对照显著提高 2.81% 和 4.22% ($P < 0.05$)。由此可见,喷硒有利于提高梨果实的

单果质量和果实横径,且浓度越高,效果越明显。

2.2 喷硒对梨果实内在品质的影响

2.2.1 硬度和可溶性固形物含量 由表 2 可知,与对照相比,喷硒可提高梨果实的 FF 和 SS 含量,且喷施 5 mg/L 硒可使梨果实 FF 和 SS 含量分别显著提高 10.09% 和 6.08% ($P < 0.05$),喷施 10 mg/L 和 20 mg/L 硒可使梨果实 FF 和 SS 含量分别提高 8.37%、5.58% 和 2.86%、1.79%,但与对照之间的差异均不显著。因此,喷施 5 mg/L 硒有利于提高梨果实的 FF 和 SS 含量。

表 1 喷硒对梨果实外在品质指标的影响

硒质量浓度/(mg/L)	单果质量/g	纵径/cm	横径/cm	果形指数
0(CK)	259.19 ± 7.75Bc	8.13 ± 0.08Aa	7.82 ± 0.16Bb	1.04 ± 0.02Aa
5	282.57 ± 16.83ABb	8.08 ± 0.14Aa	7.84 ± 0.17Bb	1.03 ± 0.02Aa
10	288.12 ± 18.13ABab	8.20 ± 0.06Aa	8.04 ± 0.07ABA	1.02 ± 0.01Aa
20	305.67 ± 12.91Aa	8.22 ± 0.19Aa	8.15 ± 0.07Aa	1.01 ± 0.02Aa

注:同列不同大小写字母分别表示处理间差异极显著($P < 0.01$)和差异显著($P < 0.05$),下表同。

表 2 喷硒对梨果实内在品质指标的影响

硒质量浓度/(mg/L)	FF/(kg/cm ²)	SS/%	蔗糖含量/%	总糖含量/%	总酸含量/%	糖酸比	Vc 含量($\times 10^{-2}$ mg/g)	硒含量/(mg/kg)
0(CK)	4.66 ± 0.17Ab	13.98 ± 0.47Ab	0.58 ± 0.08Bb	4.61 ± 0.04ABA	0.15 ± 0.01Aa	30.73 ± 0.30Aa	5.62 ± 0.30Aa	0.14 ± 0.02Bc
5	5.13 ± 0.14Aa	14.83 ± 0.39Aa	0.79 ± 0.05Aa	4.76 ± 0.06Aa	0.18 ± 0.02Aa	26.44 ± 0.71Aa	5.59 ± 0.48Aa	0.19 ± 0.01ABb
10	5.05 ± 0.14Aab	14.38 ± 0.28Aab	0.70 ± 0.07ABab	4.59 ± 0.06ABab	0.17 ± 0.01Aa	27.00 ± 0.54Aa	5.35 ± 0.33Aab	0.20 ± 0.01Aab
20	4.92 ± 0.12Aab	14.23 ± 0.40Aab	0.61 ± 0.04ABab	4.43 ± 0.07Bb	0.16 ± 0.02Aa	27.68 ± 0.45Aa	4.90 ± 0.21Ab	0.23 ± 0.01Aa

2.2.2 糖酸含量 由表 2 可知,叶面喷硒提高了梨果实的蔗糖含量,且喷施 5 mg/L 硒使蔗糖含量较对照极显著提高 36.21% ($P < 0.01$)。随硒浓度增加,果实蔗糖含量逐渐降低,且与对照之间的差异亦不显著。喷施 5 mg/L 硒使梨果实总糖含量提高了 3.25%,而喷施 10 mg/L 和 20 mg/L 硒使梨果实总糖含量分别降低了 0.43% 和 3.91%;随硒浓度增加,喷施 5、10、20 mg/L 硒使梨果实总酸含量分别较对照增加了 20.00%、13.33% 和 6.67%,糖酸比分别降低了 13.96%、12.14% 和 9.93%,但喷硒各处理总糖、总酸和糖酸比与对照之间的差异均不显著。因此,叶面喷施 5 mg/L 硒可明显提高果实蔗糖含量,使果实口感变甜。

2.2.3 维生素 C 和硒含量 由表 2 可知,喷施 5 mg/L 和 10 mg/L 硒使梨果实 Vc 含量分别较对照降低 0.53% 和 4.80% ($P > 0.05$);喷施 20 mg/L 硒,则使果实 Vc 含量较对照显著降低 12.81% ($P < 0.05$)。与对照相比,喷施 5 mg/L 硒使果实硒含量显著提高 35.71% ($P < 0.05$),喷施 10 mg/L 和 20 mg/L 硒则使果实硒含量极显著提高 42.86% 和 64.29% ($P < 0.01$)。因此,叶面喷硒提高了果实硒含量,但降低了果实 Vc 含量,且浓度越高,效应越

明显。

2.3 喷硒浓度与果实品质指标的相关性分析

相关分析表明,叶面喷硒浓度与果实硒含量、单果质量、横径呈显著正相关($r = 0.9524^*, 0.9591^*, 0.9557^*$),而与果形指数、Vc 含量呈显著负相关($r = -0.9885^*, -0.9765^*$)。果实硒含量与单果质量呈极显著正相关($r = 0.9957^{**}$),而与果形指数、糖酸比呈显著负相关($r = -0.9754^*, -0.9890^*$)。此外,果形指数与单果质量、果实横径呈显著负相关($r = -0.9693^*, -0.9709^*$),而果实蔗糖含量与果实总酸、可溶性固形物含量呈显著正相关($r = 0.9651^*, 0.9713^*$)。因此,随喷硒浓度增加,将导致果实硒含量、果实单果质量和横径呈逐渐升高趋势,果形指数、糖酸比和 Vc 含量呈逐渐降低趋势。

3 结论与讨论

3.1 硒与果实外在品质

梨果实大小、形状是优质梨果的重要经济指标。本研究结果表明,喷硒有利于提高梨果实的横径和纵径,增加单果质量,此结果与在苹果等^[6]果树上的研究结果相一致,这可能与喷硒提高了叶片的叶绿素含量^[7],或减轻了叶绿体的氧化胁迫^[12],使叶

色浓绿,叶片厚和百叶质量增加,从而提高了叶片净光合速率,增加光合同化物积累^[8,10],促进了树体和果实生长有关。

但在本试验浓度范围内,喷硒对梨果实生长表现出单向的促进效应,没有表现出低浓度促进、高浓度抑制的双重效应,此结果与猕猴桃^[8]土施亚硒酸钠和苹果^[6]喷施高浓度的亚硒酸钠使果实单果质量先增后降,表现出双重效应的结果不一致。这可能与本试验所用硒浓度较低或施硒方式不一样,从而对生长季的树体或叶片生长没有产生负面影响有关。此外,朱丽琴等^[13]在葡萄上的研究结果表明,土施亚硒酸钠对葡萄果实单果质量没有影响。由此可见,硒对果实单果质量的影响可能与硒的种类和浓度、施硒方式,以及树种和品种等因素有关。

3.2 硒与果实内在品质

硒对梨果实内在品质的影响,主要是通过在一定程度上影响果实内某些有机化合物的水平来实现的,SS 含量即是对其衡量的一个重要指标。本研究结果表明,叶面喷硒可提高梨果实的 SS 含量,且以喷施 5 mg/L 时含量最高,随硒浓度升高,SS 含量逐渐降低,此结果与在苹果^[6]、猕猴桃^[8]和设施葡萄^[14]等果树上的结果相一致。但朱丽琴等^[13]研究表明,土施较低浓度的亚硒酸钠对葡萄 SS 含量影响不显著,在较高浓度时才出现显著影响;Pezzarossa 等^[15]研究则表明,叶面喷施硒酸钠对桃果实 SS 含量没有影响,但可以提高西洋梨果实的 SS 含量。由此可见,硒对果实 SS 含量的影响,也可能与果树树种、硒的种类和浓度等因素有关。

梨果实酸甜度取决于果肉中的糖酸比,但主要决定于含酸量,含酸量高(0.6%以上)的果实风味过酸,含酸量低(0.2%以下)的果实风味淡甜。本研究结果表明,叶面喷硒可提高砀山酥梨果实含酸量,但与对照之间的差异不显著,此结果与在金桔^[7]和葡萄^[13]等果树上的结果相一致。此外,由于叶面喷施 5 mg/L 硒极显著提高了果实蔗糖含量($P < 0.01$),而对总糖、总酸和糖酸比影响不明显。因此,喷施 5 mg/L 硒可使果实风味变甜,从而改善果实的酸甜适口度。

梨果实中的 Vc 是具有还原性的物质,可作为抗氧化剂清除果实中的活性氧;同时 Vc 也是梨果实中的重要营养物质,人类所需的 Vc 主要来源于果实。喷硒提高了苹果^[6]、猕猴桃^[8]和甜柿^[16]等果实的 Vc 含量,但本研究结果表明,叶面喷硒降低了梨果实中 Vc 含量,且硒浓度越高,Vc 含量越低,两者呈显著负相关($P < 0.05$),这可能是由于硒是细

胞内具有清除活性氧作用的 GSH-Px 酶的组成部分^[17],喷硒提高了梨果实硒元素含量和 GSH-Px 酶活性,增强了细胞清除活性氧的能力,从而减少了对 Vc 的需求,导致其含量降低。此结果与在葡萄^[18]上的研究结果相一致。因此,为保持梨果实中有较高的 Vc 等营养物质,应喷施低浓度的亚硒酸钠。

3.3 硒与果实硒含量

众多研究表明^[6,13,15-16],外源硒浓度与果实硒含量呈显著正相关($P < 0.05$)。本试验结果也表明,果实硒含量随硒浓度的增加而提高,两者呈显著正相关($P < 0.05$),因此外源施硒是提高梨果实硒含量的有效方式。此外,喷施 5 mg/L 硒的梨果实,干物质含量约为 14.50%(试验统计数据,未列出),折合 1 kg 鲜梨含硒 27.55 μg,符合 GB 13105—91《食品中硒限量卫生标准》中水果硒含量不超过 50 μg/kg 的要求,可安全食用。但有关硒在梨果实内的吸收运转特性,喷硒对梨果实货架期的影响及其机制,以及喷硒梨果实对人体生理机能的影响等问题,尚待进一步研究。

综上所述,随硒浓度增加,梨果实的单果质量、纵径、横径和硒含量逐渐升高,但与喷施 5 mg/L 硒相比,喷施 10 mg/L 和 20 mg/L 硒的果实 FF 及 SS、Vc、蔗糖、总糖含量相对较低。因此,从有利于提高梨果实内在品质方面考虑,建议在生产富硒梨果时,应结合喷施农药、叶面追肥等措施,喷施 5 mg/L 的硒,以促进梨树生长和结果,改善果实品质。

参考文献:

- [1] Broadley M R, White P J, Bryson R J, et al. Biofortification of UK food crops with selenium[J]. The Proceedings of the Nutrition Society, 2006, 65(2): 169-181.
- [2] Finley J W. Increased intakes of selenium-enriched foods may benefit human health[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87(9): 1620-1629.
- [3] 布和敖斯尔,张东威,刘力.土壤硒区域环境分异及安全阈值的研究[J].土壤学报,1995,32(2):186-193.
- [4] Djuric I S, Jozanov-Stankov O N, Milovac M, et al. Bioavailability and possible benefits of wheat intake naturally enriched with selenium and its products[J]. Biological Trace Element Research, 2000, 77(3): 273-285.
- [5] Dong J Z, Wang Y, Wang S H, et al. Selenium increases chlorogenic acid, chlorophyll and carotenoids of *Lycium chinense* leaves[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93(2): 310-315.
- [6] 宁娟娟,丁宁,吴国良,等.喷硒时期与浓度对红富士

- 苹果果实品质及各部位全硒和有机态硒含量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(5): 1109-1117.
- [7] 吴其飞, 黄达明, 管国强. 茎部注射硒肥对金桔的生长及果实品质的影响 [J]. 水土保持学报, 2002, 16(6): 92-95.
- [8] 李亚敏, 刘建中, 张峰, 等. 硒对猕猴桃叶片光合生理和果实品质的影响 [J]. 西部林业科学, 2012, 41(2): 38-42.
- [9] 刘群龙, 王朵, 吴国良, 等. 硒对酥梨叶片衰老及抗氧化酶系统的影响 [J]. 园艺学报, 2011, 38(11): 2059-2066.
- [10] 刘群龙, 宁婵娟, 郝燕燕, 等. 外源硒对梨树叶片衰老和光合同化物积累的影响 [J]. 水土保持学报, 2014, 28(6): 314-318.
- [11] 刘群龙, 郝燕燕, 郝国伟, 等. 叶面喷硒对梨果实矿质元素积累和贮藏特性的影响 [J]. 植物生理学报, 2015, 51(5): 655-660.
- [12] Seppänen M, Turakainen M, Hartikainen H. Selenium effects on oxidative stress in potato [J]. Plant Science, 2003, 165(2): 311-319.
- [13] 朱丽琴, 魏钦平, 许雪峰, 等. 葡萄对硒的吸收、分布和积累特性的初步研究 [J]. 园艺学报, 2007, 34(2): 325-328.
- [14] 王海波, 王孝娣, 毋应龙, 等. 设施葡萄对硒的吸收运转及积累特性 [J]. 果树学报, 2011, 28(6): 972-976.
- [15] Pezzarossa B, Remorini D, Gentile M L, et al. Effects of foliar and fruit addition of sodium selenate on selenium accumulation and fruit quality [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2012, 92(4): 781-786.
- [16] 杨燕君, 刘晓华, 宁婵娟, 等. 叶面施硒对甜柿果实品质及重金属含量的影响 [J]. 园艺学报, 2013, 40(3): 523-530.
- [17] Ramos S J, Faquin V, Guilherme L R G, et al. Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite [J]. Plant Soil and Environment, 2010, 56(12): 584-588.
- [18] 周丽娜, 刘树庆, 杨志新, 等. 张宣葡萄产区土壤硒含量与葡萄品质关系研究 [J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 452-455.

(上接第 75 页)

- [29] 童平和, 朱希孟, 曹雅忠, 等. 冬小麦品种抗蚜性田间鉴定研究初报 [J]. 作物品种资源, 1991(2): 29-30.
- [30] 王美芳, 陈巨莲, 程登发, 等. 小麦叶片表面蜡质及其与品种抗蚜性的关系 [J]. 应用与环境生物学报, 2008, 14(3): 341-346.
- [31] 屈会选, 党建友, 程麦风, 等. 小麦种质资源对麦长管蚜抗性的鉴定 [J]. 华北农学报, 2004, 19(4): 102-104.
- [32] Zhou H B, Chen J L, Cheng D F, et al. Evaluation on the resistance to aphids of wheat germplasm resources in China [J]. African Journal of Biotechnology, 2011, 10 (63): 13930-13935.
- [33] 欧行奇, 茹振钢, 胡铁柱, 等. 河南省主要小麦品种耐蚜性研究 [J]. 麦类作物学报, 2005, 25(2): 125-127.
- [34] 史忠良, 马爱萍, 仇松英, 等. 光照强度对小麦不同品种结实率及千粒重的影响 [J]. 山西农业科学, 1998, 26(4): 16-18.
- [35] 李昌盛, 尚勋武, 师桂英, 等. 北方春小麦抗蚜水平与形态特征的相关性研究 [J]. 甘肃农业大学学报, 2007, 42(6): 80-83.
- [36] Zhang T W, Liu C Z. Influences of *Rhopalosiphum padi* on oxidases of three wheat seedlings [J]. Plant Protection, 2011, 37(4): 72-75.