

2 种植物生长调节剂对豇豆产量和品质的影响

张伟^{1*}, 万宣伍¹, 田卉¹, 彭秀丽², 曾真², 肖雪君², 李国慧³, 邢艳⁴

(1. 四川省农业农村厅植物保护站, 成都 610041; 2. 四川省乐山市夹江县农业农村局, 夹江 614100;
3. 四川省北川县农业农村局, 北川 622750; 4. 四川省广安市农业农村局, 广安 638000)

摘要: **目的** 了解新型植物生长调节剂在蔬菜生产中的安全应用情况。**方法** 设置不同浓度梯度 0.4%糠氨基嘌呤水剂处理: 900、750、450、320 倍液以及 0.01%芸苔素内酯可溶性液剂处理: 600、300、150 倍液, 以研究 2 种植物生长调节剂对豇豆产量和品质的影响。**结果** 施用 0.4%糠氨基嘌呤水剂和 0.01%芸苔素内酯可溶性液剂后, 第一次盛花结荚豇豆的增产率分别为 14.09%~25.00%和 11.03%~27.13%, 最后一次盛花结荚的增产率分别为 22.92%~65.53%和 43.12%~69.32%, 增产效果十分显著, 其增产效果主要体现在豇豆结荚数上。**结论** 通过对豇豆品质分析, 发现施用调节剂可显著增加豆荚中维生素 C 的含量, 但可溶性固形物和蛋白质含量无明显增加。

关键词: 豇豆; 糠氨基嘌呤; 芸苔素内酯; 调节; 产量; 品质

Effect of 2 kinds of plant growth regulators on the yield and quality of cowpea

ZHANG Wei^{1*}, WAN Xuan-Wu¹, TIAN Hui¹, PENG Xiu-Li², ZENG Zhen², XIAO Xue-Jun²,
LI Guo-Hui³, XING Yan⁴

(1. Plant Protection Station of Department of Agriculture and Rural Affairs of Sichuan Province, Chengdu 610041, China;
2. Agriculture and Rural Affairs Bureau of Jiajiang County, Jiajiang 614100, China; 3. Agriculture and Rural Affairs Bureau of Beichuan County, Beichuan 622750, China; 4. Agriculture and Rural Affairs Bureau of Guang'an City, Guang'an 638000, China)

ABSTRACT: Objective To provide evidence for usage of new plant growth regulator on safety of vegetable cultivation. **Methods** Cowpea was used as the experiment material, 0.4% kinetin AS concentration levels were set (900, 750, 450, 320 times liquid) and 0.01% brassinolide SL concentration levels were set (600, 300, 150 times liquid) in this research, to study the effect of the two plant growth regulators on the yield and quality of cowpea. **Results** After the application of 0.4% furfurylaminopurine and 0.01% brassinolide soluble solution, the effect on yields of the plant growth regulators treatment were significant, which increased by 14.09%–25.00% and 11.03%–27.13% of kinetin and brassinolide at first pod setting stage compared with the water control. And at last pod setting stage, the average increasing rate of yield were 22.92%–65.53%, 43.12%–69.32% of kinetin and brassinolide, respectively. The main contribution of yield was attributed to increasing counts of pod setting. **Conclusion** Through the quality analysis of cowpea, it was found that the plant growth regulators can significantly increase the contents of

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YF0201210)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Project(2018YF0201210)

*通信作者: 张伟, 博士, 正高级农艺师, 主要研究方向为农产品安全监测及植物保护。E-mail: 313297692@qq.com

*Corresponding author: ZHANG Wei, Ph.D, Agronomist, Plant Protection Station of Sichuan Province Agricultural and Rural Affairs Department, Chengdu 610041, China. E-mail: 313297692@qq.com

vitamin C in the cowpea, but soluble solids content and protein content have no significantly increased.

KEY WORDS: cowpea; kinetin; brassinolide; regulating; yield; quality

0 引 言

植物生长调节剂在提高农作物产量、改善农产品品质和增强作物抗逆性等方面具有显著的促进作用^[1]。近年来,应用植物生长调节剂促进蔬菜生长成为蔬菜生产中的一项重要技术^[2],在黄瓜、番茄、辣椒等蔬菜生产中广泛应用^[3-5]。豇豆是我国夏秋季节的重要蔬菜品类,应用植物生长调节剂提高豇豆产量和品质对保障我国居民“菜篮子”供应稳定有重要意义,但目前植物生长调节剂在豇豆生产上的应用鲜有报道。

细胞分裂素和芸苔素内酯是蔬菜生产上应用较广泛的 2 类植物生长调节剂。其中,糠氨基嘌呤是人类发现的第一个细胞分裂素,属于内源植物生长调节剂,其功能主要表现在促进种子发芽、诱导愈伤组织生长、打破顶端优势、调节营养物质运输、提高结实率等^[6]。芸苔素内酯是一种具有植物生长调节作用的甾体类激素,在农业生产中得到广泛应用。芸苔素内酯与早期发现的 5 类植物生长调节剂相比,具有活性高、施用量少、效果好、用途广的特点,被称为第六大类植物生长调节剂,具有促进细胞伸长和分裂、提高作物抗逆性、提高结实率、缓解药害对植物的影响等作用^[7]。本研究通过测定喷施不同浓度的 0.4%糠氨基嘌呤 AS 和 0.01%芸苔素内酯 SL 后豇豆的产量和品质的变化,以期 2 种植物生长调节剂在豇豆生产上推广应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及条件

试验田位于四川省青神县黑龙镇曹庙村五社,土质为冲积沙壤土,有机质含量 2.0%, pH 6.1。2019 年 6 月 24 日播种,豇豆品种为美国无架豇豆 1 号,亩植 3000 株,常规栽培管理,播种至药前未曾用过调节剂。

1.2 供试药剂

试验药剂为 0.4%糠氨基嘌呤 AS(湖北省天门易普乐农化有限公司); 0.01%芸苔素内酯 SL(上海绿泽生物科技有限公司)。

1.3 试验设计

试验设 0.4%糠氨基嘌呤 AS 900 倍液、750 倍液、450 倍液、320 倍液 和 0.01%芸苔素内酯 SL600 倍液、300 倍液、150 倍液等 7 个药剂处理以及清水空白对照,共 8 个处理。每个处理 4 次重复,共 24 个小区,每个小区面积为

60 m²。各试验小区按随机区组排列,小区间设置保护行。

1.4 施药时间及方法

分别于 7 月 8 日苗期、7 月 20 日伸蔓期、8 月 2 日第一批盛花结荚期、8 月 22 日最后一次盛花结荚期使用 PB-16 手动喷雾器喷雾,药液量为 30 L·667m²。试验期间,病虫害防治采取与大田生产一致的方法进行。

1.5 调查方法

在 8 月 10 日至 16 日第一次盛花结荚收获时和 8 月 30 至 9 月 5 日最后一次盛花结荚收获时开展产量调查。分别随机 5 点取样,每点 4 株,共调查 20 株,调查连续一周的结荚数、单荚重和 20 株的产量。并分别于 8 月 16 日和 9 月 5 日取样测定豇豆中可溶性固性物、维生素 C、蛋白质含量等。

1.6 数据分析

采用 SPSS 21.0 软件进行数据分析,采用邓肯氏新复极差法分析各处理间产量、结荚数、单荚重及可溶性固形物、维生素 C 和蛋白质含量的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 安全性评价

试验期间,未观察到豇豆植株僵化、叶片扭曲、落花、豆荚畸形等药害现象。

2.2 对豇豆的增产作用

施用供试药剂后豇豆的增产情况详见表 1。施用 0.4%糠氨基嘌呤 AS 后,第一次盛花结荚收获,各处理的结荚数和产量均高于清水对照,320 倍液处理至 750 倍液处理间,随着施用浓度的降低,豇豆结荚数量和产量呈逐渐增高趋势,随着施用浓度的进一步降低(900 倍液),结荚个数和产量下降至与施用 450 倍液的处理相当,单荚重量无明显的规律性变化;最后一次盛花结荚收获,各处理的结荚数和产量均高于清水对照,与第一次盛花结荚收获呈相同变化趋势。施用 0.01%芸苔素内酯 SL 后,第一次盛花结荚收获,各处理结荚数量和产量均高于清水对照,300 倍液处理的结荚数和产量最高,分别达 244.00 个和 6035.33g;最后一次盛花结荚收获,各处理结荚数量和产量均高于清水对照,变化趋势与第一次盛花结荚收获一致。方差分析结果显示,第一次盛花结荚收获和最后一次盛花结荚收获,7 个药剂处理的豇豆平均产量和结荚数均显著高于清水对照,单荚重无显著差异。0.4%糠氨基嘌呤 AS 750 mL·667m²处理和

0.01%芸苔素内酯 SL 300 mL·667m⁻² 处理对豇豆的增产效果显著高于其他药剂处理。

2.3 对豇豆品质的改善作用

施用供试药剂对豇豆可溶性固形物、维生素 C 和蛋白质含量的变化影响结果详见表 2。施用 0.4%糠氨基嘌呤 AS 后,第一次盛花结荚收获,450 倍处理可溶性固形物含量最高,但与清水对照相当,各处理 VC 含量均高于清水对照,但各处理蛋白质含量均低于清水对照;最后一次盛花结荚收获,各处理可溶性固形物含量、蛋白质含量均低于或等于清水对照,VC 含量均高于清水对照。施用不同浓度的 0.01%芸苔素内酯 SL 后,300 倍液处理可溶性固形物含量和 150 倍液处理蛋白质含量高于清水对照,各处理 VC 含量均高于清水对照,可溶性固形物和 VC 含量随着施用浓度的降低呈先升高后下降的趋势,蛋白质含量呈下降趋势;最后一次盛花结荚收获,各处理可溶性固形物、VC 和蛋白质含量变化趋势与第一次盛花结荚收获一致。方差分析结果显示,施用不同浓度 0.4%糠氨基嘌呤 AS 和 0.01%芸苔素内酯 SL 后,药剂各处理豇豆维生素 C 含量比对照有显著提高,而可溶性固形物含量和蛋白质含量未有显著提高。其中,0.4%糠氨基嘌呤 AS 900 mL·667m² 处理和 0.01%芸苔素内酯 SL300 mL·667m² 处

理对提高豇豆维生素 C 含量的效果最显著。

3 结论与讨论

在小麦、苹果、黄瓜、小白菜等作物上的相关研究显示^[8-11],糠氨基嘌呤和芸苔素内酯可以显著改善作物的农艺性状,如增加分蘖数、增加叶片数量、提高有效籽粒数量等,从而提高作物产量。本试验表明,施用 0.4%糠氨基嘌呤 AS 和 0.01%芸苔素内酯 SL 后可显著增加豇豆的产量,第一次盛花结荚收获,豇豆增产率达 11.03%~27.13%,最后一次盛花结荚收获,增产率达 22.92%~69.32%,对豇豆的增产效应主要表现在增加豇豆的结荚数量。糠氨基嘌呤和芸苔素内酯主要通过激活与生长相关的基因表达和相关蛋白质的合成,促使细胞伸长和分裂,促进作物生长^[12]。豇豆属 C3 植物,该类植物固氮作用需消耗光合作用能量的 10%,并由此造成对生殖生长的削弱^[13]。对糠氨基嘌呤和芸苔素内酯的作用机理研究表明,这 2 种植物生长调节剂还具有提高叶片叶绿素含量,增强植株光合作用的效果^[12]。施用供试药剂后,可使豇豆保持后期功能,提高叶片叶绿素含量,并维持较高的光合速率,是最后一次盛花收获豇豆仍可显著增产的重要因素。

表 1 施用不同浓度 0.4%糠氨基嘌呤水剂和 0.01%芸苔素内酯可溶性液剂对豇豆的增产效果
Table 1 Yield increasing effects of different concentrations of 0.4% furlaminopurine and 0.01% brassinolide soluble solution on cowpea

收获期	试验处理	调查结荚/个	单荚重/g	调查产量/g	增产率/%
第一次盛花 结荚收获	0.4%糠氨基嘌呤 AS 900 倍液	237.00±3.61 ^{cd}	24.65±0.11 ^c	5842.33±61.58 ^{de}	23.07
	0.4%糠氨基嘌呤 AS 750 倍液	248.00±5.29 ^e	23.93±0.23 ^{ab}	5934.33±95.51 ^{ef}	25.00
	0.4%糠氨基嘌呤 AS 450 倍液	237.00±4.58 ^{cd}	24.57±0.16 ^{bc}	5823.67±95.24 ^{de}	22.67
	0.4%糠氨基嘌呤 AS320 倍液	228.00±6.00 ^c	23.76±0.24 ^a	5416.33±89.19 ^c	14.09
	0.01%芸苔素内酯 SL 600 倍液	211.33±2.52 ^b	24.94±0.32 ^c	5271.00±61.00 ^b	11.03
	0.01%芸苔素内酯 SL 300 倍液	244.00±5.57 ^{de}	24.74±0.65 ^c	6035.33±75.48 ^f	27.13
	0.01%芸苔素内酯 SL 150 倍液	229.33±5.03 ^c	24.96±0.46 ^c	5724.33±41.40 ^d	20.58
最后一次盛花 结荚收获	清水对照(CK)	195.33±5.51 ^a	24.31±0.36 ^{abc}	4747.33±65.74 ^a	
	0.4%糠氨基嘌呤 AS 900 倍液	146.67±3.51 ^{cd}	20.91±0.24 ^a	3066.67±38.89 ^{cd}	52.57
	0.4%糠氨基嘌呤 AS 750 倍液	151.33±5.13 ^{de}	21.99±0.48 ^b	3327.33±55.61 ^{de}	65.53
	0.4%糠氨基嘌呤 AS 450 倍液	140.67±4.51 ^c	20.47±0.22 ^a	2879.00±62.52 ^c	43.23
	0.4%糠氨基嘌呤 AS320 倍液	119.00±3.00 ^b	20.76±0.15 ^a	2470.67±46.97 ^b	22.92
	0.01%芸苔素内酯 SL 600 倍液	151.33±7.37 ^{ed}	20.94±0.27 ^b	3168.33±120.61 ^{de}	57.63
	0.01%芸苔素内酯 SL 300 倍液	156.33±6.66 ^e	21.78±0.42 ^b	3403.33±84.03 ^e	69.32
	0.01%芸苔素内酯 SL 150 倍液	137.67±5.51 ^c	20.90±0.29 ^a	2876.67±76.51 ^c	43.12
	清水对照(CK)	92.67±2.52 ^a	21.28±0.19 ^{ab}	2010.00±72.19 ^a	

注:同一列中,不同的小写字母表示在 0.05 显著性水平上有差异。

表 2 施用不同浓度 0.4%糠氨基嘌呤水剂和 0.01%芸苔素内酯可溶性液剂后对豇豆品质的影响
Table 2 Effect of 0.4% furfuraminopurine and 0.01% brassinolide soluble solution on cowpea quality

收获时间	试验处理	可溶性固形物含量/%	Vc 含量/(mg/100 g)	蛋白质含量/(g/100 g)
第一次盛花结荚收获	0.4%糠氨基嘌呤 AS 900 倍液	3.50±0.10 ^{da}	60.52±0.71 ^c	1.95±0.09 ^{ab}
	0.4%糠氨基嘌呤 AS 750 倍液	3.37±0.15 ^a	41.22±0.97 ^a	1.91±0.06 ^a
	0.4%糠氨基嘌呤 AS 450 倍液	3.53±0.21 ^a	50.00±1.03 ^c	1.97±0.07 ^{ab}
	0.4%糠氨基嘌呤 AS320 倍液	3.43±0.06 ^a	43.93±0.54 ^b	1.91±0.03 ^a
	0.01%芸苔素内酯 SL 600 倍液	3.47±0.06 ^a	51.54±0.97 ^c	1.92±0.05 ^a
	0.01%芸苔素内酯 SL 300 倍液	3.57±0.12 ^a	59.34±1.08 ^c	1.97±0.06 ^{ab}
	0.01%芸苔素内酯 SL 150 倍液	3.37±0.12 ^a	57.30±0.95 ^d	2.09±0.17 ^b
	清水对照(CK)	3.53±0.06 ^a	39.62±1.16 ^a	2.05±0.11 ^{ab}
最后一次盛花结荚收获	0.4%糠氨基嘌呤 AS 900 倍液	3.43±0.12 ^a	59.72±0.78 ^e	1.98±0.05 ^a
	0.4%糠氨基嘌呤 AS 750 倍液	3.37±0.06 ^a	41.46±0.68 ^b	1.96±0.05 ^a
	0.4%糠氨基嘌呤 AS 450 倍液	3.47±0.23 ^a	50.13±0.78 ^d	1.99±0.05 ^a
	0.4%糠氨基嘌呤 AS320 倍液	3.40±0.10 ^a	44.46±0.61 ^c	1.96±0.05 ^a
	0.01%芸苔素内酯 SL 600 倍液	3.47±0.21 ^a	51.66±0.88 ^c	1.95±0.06 ^a
	0.01%芸苔素内酯 SL 300 倍液	3.50±0.10 ^a	59.48±0.75 ^e	1.97±0.05 ^a
	0.01%芸苔素内酯 SL 150 倍液	3.43±0.11 ^a	56.95±0.75 ^f	2.01±0.08 ^a
	清水对照(CK)	3.47±0.06 ^a	40.13±0.71 ^a	1.99±0.09 ^a

注: 同一列中, 不同的小写字母表示在 0.05 显著性水平上有差异。

可溶性固形物、维生素 C 和蛋白质含量是豇豆品质优劣的重要指标^[14]。与糠氨基嘌呤和芸苔素内酯在柑橘、黄瓜、葡萄、草莓、小白菜等作物上的应用效果不同^[10-11,15-17], 施用 0.4%糠氨基嘌呤水剂和 0.01%芸苔素内酯可溶性液剂不能显著提高豇豆可溶性固形物的含量。同哈茨木霉发酵物对豇豆生长的调节作用类似, 本试验施用的 2 种植物生长调节剂对提高维生素 C 含量的效果最显著。豇豆干物质的积累有赖于较强的根系活力^[13], 由于本实验施用的 2 种植物生长调节剂主要施用在叶片表面, 对调节根系的作用十分有限, 因此 2 种植物生长调节剂对提高可溶性固形物和蛋白质含量无显著作用。

农业生产中, 合理施用植物生长调节剂可以起到促进生长发育和改善品质的作用, 不合理施用植物生长调节剂则可能引起的落花落果、叶片果实畸形等药害现象^[18]。本试验中, 施用 0.4%糠氨基嘌呤 AS 和 0.01%芸苔素内酯 SL 后, 均未观察到药害现象。就不同浓度的 0.4%糠氨基嘌呤 AS 和 0.01%芸苔素内酯 SL 的增产效果而言, 两种植物生长调节剂均表现出随着浓度的降低, 增产效果增强, 但当药液低于一定浓度后, 增产效果亦随之下降。该趋势与芸苔素内酯等植物生长调节剂在玉米等作物上的应用效

果一致^[19]。

综上所述, 0.4%糠氨基嘌呤 AS 和 0.01%芸苔素内酯 SL 可以大面积应用豇豆生产上, 用于提高作物产量, 提高作物品质。推荐施用浓度: 0.4%糠氨基嘌呤 AS 用量为 750 倍液, 0.01%芸苔素内酯 SL 用量为 300 倍液; 推荐施药时间: 分别于苗期、伸蔓期、第一批盛花结荚期及最后一次盛花结荚期叶面喷雾。

参考文献

[1] 傅华龙, 何天久, 吴巧玉. 植物生长调节剂的研究与应用[J]. 生物加工过程, 2008, (6): 7-12.

FU HL, HE TJ, WU QY. Research and application of plant growth regulators [J]. Chin J Bioprocess Eng, 2008, (6): 7-12.

[2] 何晓明, 谢大森. 植物生长调节剂在蔬菜上的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.

HE XM, XIE DS. Application of Plant growth regulators in vegetables [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010

[3] 周娜娜. 24-表芸苔素内酯对盐胁迫下黄瓜种子萌发的影响[J]. 琼州学院学报, 2016, 23(2): 66-68.

ZHOU NN. Effects of 24-epibrassinolide on cucumber seed germination under salt stress [J]. J Qiongzhou Univ, 2016, 23(2): 66-68.

[4] 兰珊珊, 林听, 沙俊杰, 等. 植物生长调节剂对番茄产量和品质的影响

- 及膳食摄入风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(23): 8004-8011.
- LAN SS, LIN X, SHA LJ, *et al.* Effects of plant growth regulator on yield and quality of tomato and the dietary intake risk assessment [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(23): 8004-8011.
- [5] 钟杨, 陈洪国. 芸苔素内酯水剂对辣椒幼苗水分胁迫生理的影响[J]. 北方园艺, 2011, (2): 42-44.
- ZHONG Y, CHEN HG. Effects of brassinolide treatment on pepper seedlings physiological under water stress [J]. Northern Horticult, 2011, (2): 42-44.
- [6] 佚名. 植物生长调节剂糠氨基嘌呤[J]. 农药科学与管理, 2018, 39(5): 64-65.
- Anonymous. Furfurylaminopurine, a plant growth regulator [J]. Pestic Sci Adm, 2018, 39(5): 64-65.
- [7] 陈秀, 方朝阳. 植物生长调节剂芸苔素内酯在农业上的应用现状及前景[J]. 世界农药, 2015, 37(2): 34-36, 42.
- CHEN X, FANG CY. Application status and development prospect of plant growth regulator brassinolide in agriculture [J]. World Pestic, 2015, 37(2): 34-36, 42.
- [8] 沈晓岑, 张佩, 刘晓成, 等. 0.01%芸苔素内酯对小麦形态特征及产量的影响[J]. 江西农业, 2019, 157(8): 30-31.
- SHEN XC, ZHANG P, LIU XC, *et al.* Effects of 0.01% brassinolide on morphological characteristics and yield of wheat [J]. Jiangxi Agric, 2019, 157(8): 30-31.
- [9] 尹冰, 贺春娟, 刘凤. 0.01%芸苔素内酯可溶性液剂在苹果上的应用效果试验[J]. 山西果树, 2016, (4): 7-9.
- YIN B, HE CJ, LIU F. Application effect of 0.01% brassinolide soluble liquid on apple [J]. Shanxi Fruit Trees, 2016, (4): 7-9.
- [10] 李明福, 刘麦丰, 姬小雪, 等. 0.01%芸苔素内酯水剂调节黄瓜生长效果研究[J]. 现代农业科技, 2012, 583(17): 143.
- LI MF, LIU MF, JI XX, *et al.* Study on the effect of 0.01% brassinolide aqueous agent on the growth of cucumber [J]. Mod Agric Sci Technol, 2012, 583(17): 143.
- [11] 韩云, 闫凯莉, 吴建辉, 等. 0.0075%芸苔素内酯水剂对小白菜生长和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(13): 81-84.
- HAN Y, YAN KL, WU JH, *et al.* Effect of 0.0075% brassinolide water aqua on regulating growth and quality in pakchoi [J]. Chin Agric Sci Bull, 2015, 31(13): 81-84.
- [12] 侯雷平, 李梅兰. 油菜素内酯(BR)促进植物生长机理研究进展[J]. 植物学报, 2001, 18(5): 560-566.
- HOU LP, LI ML. Progress of studies on the plant growth promoting mechanism of brassinolide (BR) [J]. Chin Bull Botany, 2001, 18(5): 560-566.
- [13] 梁怀志, 魏林, 郑明福, 等. 哈茨木霉发酵产物对豇豆产量和品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2005, (5): 38-40.
- LIANG HZ, WEI L, ZHENG MF, *et al.* Effects of the fermentation filtrate of *Trichoderma harzianum* on yield and quality of cowpea [J]. Hunan Agric Sci, 2005, (5): 38-40.
- [14] 唐建洲, 张志元, 胡丽琴, 等. 植物营养剂对豇豆产量、还原糖、维生素C及有机硒含量的影响[J]. 湖北农业科学, 2014, (1): 41-42, 51.
- TANG JZ, ZHANG ZY, HU LQ, *et al.* Effects of plant nutrients on the yield reducing sugar, vitamin C and organic selenium content of cowpea (*Vigna unguiculata*) [J]. Hubei Agric Sci, 2014, (1): 41-42, 51.
- [15] 陆剑飞. 芸苔素内酯对4种水果经济性状和品质的影响[J]. 浙江农业科学, 2014, (7): 1032-1035.
- LU JF. Effects of brassinolide on economic characters and quality of four kinds of fruits [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2014, (7): 1032-1035.
- [16] 潘建春. 0.01%芸苔素内酯可溶液剂在葡萄上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2015, 8: 152.
- PAN JC. Study on the Application effect of 0.01% brassinolide soluble solution on grape [J]. Mod Agric Sci Technol, 2015, 8: 152.
- [17] 耶兴元, 全胜利, 刘建军. 油菜素内酯对大棚温室草莓生理特性、产量及品质的影响[J]. 广东农业科学, 2011, 38(8): 39-41.
- YE XY, TONG SL, LIU JJ. Effects of brassinolide on physiological characteristics, yield and quality of strawberry in greenhouse [J]. Guangdong Agric Sci, 2011, 38(8): 39-41.
- [18] 赵炎彤. 蔬菜使用植物生长调节剂产生药害的原因与预防措施[J]. 吉林蔬菜, 2007, 4: 43.
- ZHAO YT. Causes and preventive measures of drug damage caused by the use of plant growth regulators in vegetables [J]. Jilin Veg, 2007, 4: 43.
- [19] 韩晨光, 王金龙, 闫红利, 等. 不同浓度的芸苔素内酯对夏玉米植株性状及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2014, 20: 9-10.
- HAN CG, WANG JL, YAN HL, *et al.* Effects of different concentrations of Brassinolide on plant characters and yield of summer maize [J]. Mod Agric Sci Technol, 2014, 20: 9-10.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介

张 伟, 博士, 正高级农艺师, 主要研究方向为农产品安全监测及植物保护。
E-mail: 313297692@qq.com