

张 嘉, 蹇天佑, 臧娅磊, 等. 植物生长调节剂对嘎啦苹果果形及品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(23): 144–147.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.23.036

植物生长调节剂对嘎啦苹果果形及品质的影响

张 嘉¹, 蹇天佑¹, 臧娅磊¹, 贺保国¹, 马朝旺¹, 郑先福^{1,2}
(1. 郑州郑氏化工产品有限公司, 河南郑州 450008; 2. 河南农业大学, 河南郑州 450008)

摘要:以嘎啦苹果为试材,在幼果膨大期喷施不同浓度的植物生长调节剂,每隔 1 个月喷施 1 次,共喷施 2 次,研究植物生长调节剂对苹果外观和品质的影响,以期为西北地区苹果果实膨大提供一定的科学指导。结果表明,促进形成高桩果的最佳处理为 36 mg/L 6-BA · GA₄₊₇,而 36 mg/L 6-BA · GA₄₊₇ + 0.03 mg/L BR 处理对苹果品质综合表现较好。
关键词:植物生长调节剂;嘎啦苹果;果形;果实品质
中图分类号: S661.104 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)23-0144-03

果实的形状与体积是果实重要的外观性状,它们在很大程度上影响着园艺作物的商品性。而果形指数是果实纵径与横径的比值,它能反映形状与体积之间的关系,是衡量果实品质的标准之一^[1]。生产上,常用果形指数来评价苹果果实形状与体积之间的关系。在良种评比环节,果形指数是评价苹果果实是否为高品质果的一项重要指标。商品流通中,也常把苹果果实高桩、五楞突起等指标作为商品果等级的划分依据。然而受多种因素影响,在实际生产中,我国许多苹果产区生长出的苹果高桩果比例较低,商品性较差。如红富士苹果标准果形是端正、高桩,果形指数在 0.8 以上,但在前期气候干旱时果形易扁,在西北黄土高原果区,红富士苹果果形指数多在 0.6~0.7,在果实管理较差的果园,果形偏斜不正者较多^[2]。而有研究发现,果形指数是果实发育前期细胞分裂导致的结果^[3]。因此,如何在果实发育前期调整细胞分裂就成了改善果形指数的一项有效手段。随着近年来植物生长调节剂在农业科学应用中取得的重大进展,使用植物生长调节剂来调整苹果果形就成为了一种可能^[4]。现有研究表明,植物生长调节剂可以有效拉长细胞和促进细胞分裂,从而达到调整苹果果形的效果。如 0.136% 芸薹素·吡乙·赤霉素可湿性粉剂对增加苹果果形指数、高桩果率及改善苹果品质就有一定效果^[5]。

1 材料与与方法

1.1 材料

供试材料为河南省灵宝市西闫乡范家嘴村苹果园内 9 年生的嘎啦品种苹果树。所用的植物生长调节剂为郑州郑氏化工产品有限公司提供的含量为 3.6% 的 6-BA · GA₄₊₇ (苄氨基·赤霉素)可溶液剂和该公司提供的含量为 0.01% 的 BR (芸薹素内酯)水剂。

收稿日期:2017-07-25
基金项目:河南省科技经费支持项目(编号:132102310251)。
作者简介:张 嘉(1990—),男,河南郑州人,硕士,主要从事植物生长调节剂应用技术研究。E-mail:zhangjiayy@163.com。
通信作者:郑先福,硕士,教授,主要从事植物生长调节剂研究。E-mail:zxf0010011@126.com。

1.2 试验方法

在河南省灵宝市西闫乡范家嘴村苹果园内选择栽培与管理条件一致、树势相同、挂果量相当的植株作为供试树,每小区选择 2 株苹果树,3 次重复,共设 8 个处理(表 1),随机区组排列。施药前在每株供试树上按东、西、南、北 4 个方向选择大小基本一致、横径 9 mm 左右的幼果挂牌标记。2016 年 4 月 19 日进行第 1 次全株喷雾施药,同年 5 月 15 日进行第 2 次全株喷雾施药,共施药 2 次,每次单小区施药液 20 L,其他管理方式与当地一致。

表 1 不同植物生长调节剂处理		
处理	6-BA · GA ₄₊₇ (mg/L)	BR (mg/L)
A	24	0.00
B	36	0.00
C	48	0.00
D	0	0.01
E	0	0.03
F	0	0.05
G	36	0.03
CK	0	0.00

1.3 调查方法

每个处理挂牌标记 30 个横径为 9 mm 左右的果实,于第 1 次施药后 0、7、14 d,第 2 次施药后 0、31、66 d 和果实成熟后分别用游标卡尺测量果实的纵径、横径。果实成熟后,每小区随机采集 30 个果实,带回实验室测定果实品质指标,测定方法:可溶性固形物含量用手持测糖仪测定,果实硬度用硬度计测定,单果质量用电子天平称量。

1.4 数据分析

试验数据用 Excel 统计、SPSS 18.0 软件进行单因素方差分析及 Duncan's 方法进行差异显著性测验。

2 结果与分析

2.1 第 1 次施药后各处理果径的差异

研究发现,相较于 CK,嘎啦苹果经不同质量浓度植物生长调节剂处理 1 次后,其果径生长速度均得到了提高(表 2)。在第 1 次施药后 0~7、8~14 d, B 处理的纵径生长速度最快,且显著高于 CK; G 处理的横径生长速度最快,且显著高于

CK。在第 1 次施药后 15 ~ 26 d,C 处理的纵径生长速度最快,且显著高于 CK;F 处理的横径生长速度最快,且显著高于 CK。说明在第 1 次施药后 14 d 内,36 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 处理对增加果实纵径最有效,36 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 与

0.03 mg/L BR 混用处理对增加果实横径最有效。而在第 1 次施药后 26 d 内,48 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 处理对增加果实纵径的持效期最长,0.05 mg/L BR 处理对增加果实横径的持效期最长。

表 2 第 1 次施药后果径每天增加速度

处理	纵径增加速度 (mm/d)			横径增加速度 (mm/d)		
	0 ~ 7 d	8 ~ 14 d	15 ~ 26 d	0 ~ 7 d	8 ~ 14 d	15 ~ 26 d
A	1.74 ± 0.27abc	0.15 ± 0.02b	0.49 ± 0.12bc	0.97 ± 0.15cd	0.70 ± 0.15b	0.55 ± 0.12c
B	1.88 ± 0.20a	0.69 ± 0.07a	0.52 ± 0.15bc	1.07 ± 0.18bc	0.81 ± 0.16b	0.57 ± 0.16bc
C	1.84 ± 0.24ab	0.15 ± 0.02b	0.66 ± 0.05a	1.06 ± 0.13bc	0.80 ± 0.17b	0.70 ± 0.16a
D	1.70 ± 0.61abcd	0.15 ± 0.02b	0.51 ± 0.11bc	1.11 ± 0.13b	0.79 ± 0.10b	0.60 ± 0.11abc
E	1.72 ± 0.21abcd	0.10 ± 0.01b	0.51 ± 0.11bc	0.99 ± 0.10cd	0.68 ± 0.14b	0.64 ± 0.06ab
F	1.67 ± 0.16bcd	0.19 ± 0.01b	0.58 ± 0.02ab	1.08 ± 0.14bc	0.73 ± 0.18b	0.72 ± 0.14a
G	1.74 ± 0.18abc	0.21 ± 0.01b	0.58 ± 0.10ab	1.23 ± 0.16a	0.96 ± 0.64a	0.68 ± 0.07ab
CK	1.55 ± 0.21d	0.13 ± 0.09b	0.44 ± 0.17c	0.95 ± 0.19d	0.62 ± 0.18b	0.54 ± 0.08c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P < 0.05)。表 3、表 4 同。

2.2 第 2 次施药后各处理果径的差异

研究发现,在第 2 次施药后 0 ~ 31 d,36 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 处理对纵径生长速度提高最多,且显著高于 CK;0.05 mg/L BR 处理对横径生长速度提高最多,且显著高于 CK(表 3)。而在第 2 次施药后 32 ~ 66 d,不同调节剂处理对

嘎啦苹果的纵、横径生长速度均无显著影响。说明 36 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 处理对增加果实纵径最有效,0.05 mg/L BR 处理对增加果实横径最有效,且使用植物生长调节剂 6 - BA · GA₄₊₇ 和 BR 对嘎啦苹果纵、横径影响的持效期均不超过 31 d。

表 3 第 2 次施药后果径每天增加速度

处理	纵径增加速度 (mm/d)			横径增加速度 (mm/d)		
	0 ~ 31 d	32 ~ 66 d	67 ~ 101 d	0 ~ 31 d	32 ~ 66 d	67 ~ 101 d
A	0.38 ± 0.02bc	0.25 ± 0.00a	0.09 ± 0.01ab	0.46 ± 0.03cdef	0.27 ± 0.03a	0.08 ± 0.01b
B	0.54 ± 0.01a	0.28 ± 0.02a	0.10 ± 0.01a	0.63 ± 0.04ab	0.30 ± 0.00a	0.09 ± 0.01ab
C	0.40 ± 0.02bc	0.26 ± 0.02a	0.09 ± 0.01ab	0.49 ± 0.07bcde	0.28 ± 0.03a	0.09 ± 0.01ab
D	0.49 ± 0.05ab	0.28 ± 0.01a	0.09 ± 0.01ab	0.61 ± 0.06abc	0.31 ± 0.02a	0.10 ± 0.01a
E	0.39 ± 0.02bc	0.26 ± 0.01a	0.08 ± 0.01b	0.50 ± 0.05bcde	0.29 ± 0.00a	0.09 ± 0.00ab
F	0.53 ± 0.01a	0.25 ± 0.04a	0.09 ± 0.01ab	0.66 ± 0.06a	0.27 ± 0.03a	0.10 ± 0.01a
G	0.47 ± 0.17ab	0.25 ± 0.05a	0.10 ± 0.01a	0.40 ± 0.03def	0.28 ± 0.04a	0.10 ± 0.01a
CK	0.33 ± 0.02c	0.27 ± 0.01a	0.08 ± 0.01b	0.33 ± 0.01f	0.30 ± 0.02a	0.08 ± 0.01b

2.3 不同处理对果形指数的影响

研究发现,果实成熟后,0.05 mg/L BR 处理的果形指数低于 CK,而其他各处理果形指数皆高于 CK(表 4)。其中单独使用 BR 或 BR 与 6 - BA · GA₄₊₇ 混用处理均未显著提高果形指数。而单独使用 6 - BA · GA₄₊₇ 处理则显著提高了果形指数,A、B、C 处理果形指数分别为 CK 的 108%、109%、105%。

2.4 不同处理对高桩果率的影响

研究发现,果实成熟后,单独使用 BR 的 D、E、F 处理与 CK 的高桩果率相近,而单独使用 6 - BA · GA₄₊₇ 的 A、B、C 处理和 BR 与 6 - BA · GA₄₊₇ 混用的 G 处理高桩果率均明显高于 CK(表 4)。其中 36 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 处理的高桩果率最高,相较 CK 的高桩果率提高了 31.6 百分点,达到 39.29%。

2.5 不同处理对可溶性固形物含量的影响

研究发现,果实成熟后,A、E、F、G 处理的可溶性固形物含量低于 CK,而 B、C、D 处理的可溶性固形物含量高于 CK,说明使用 36 ~ 48 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 处理和 0.01 mg/L BR 处理均可提高果实的可溶性固形物含量,其中以 48 mg/L

6 - BA · GA₄₊₇ 处理的可溶性固形物含量最高,为 14.23%(表 4)。

2.6 不同处理对果皮硬度的影响

研究发现,果实成熟后,单独使用 BR 处理的果皮硬度低于 CK,而单独使用 6 - BA · GA₄₊₇ 处理和 BR 与 6 - BA · GA₄₊₇ 混用处理的果皮硬度均高于 CK,其中 36 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 处理的平均果皮硬度最高,为 6.56 kg/cm²,且显著高于 CK。说明使用 6 - BA · GA₄₊₇ 可提高苹果成熟时的果皮硬度,且以 36 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 处理的硬度最高(表 4)。

2.7 不同处理对单果质量的影响

研究发现,果实成熟后,不同质量浓度的植物生长调节剂处理均能增加单果质量(表 4)。其中 B、C、E、F、G 处理的单果质量显著高于 CK,说明使用 36 ~ 48 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ 处理、0.03 ~ 0.05 mg/L BR 处理、BR 与 6 - BA · GA₄₊₇ 混用处理均能显著增加单果质量。这些处理对单果质量的增加效应顺序为 0.05 mg/L BR > BR + 6 - BA · GA₄₊₇ > 0.03 mg/L BR > 48 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇ > 36 mg/L 6 - BA · GA₄₊₇。由此可见,单独使用 BR 处理对增加苹果单果质量效果最明显(表 4)。

表 4 各调节剂处理对果实品质的影响

处理	果形指数	高桩果率 (%)	可溶性固形物含量 (%)	硬度 (kg/cm ²)	单果质量 (g)
A	0.98 ± 0.07ab	17.39	13.00 ± 0.65b	6.23 ± 0.18a	116.33 ± 6.03b
B	0.99 ± 0.06a	39.29	13.67 ± 0.75ab	6.56 ± 0.24a	134.67 ± 3.27a
C	0.96 ± 0.08abc	30.00	14.23 ± 0.68a	5.53 ± 0.13abc	135.67 ± 4.20a
D	0.92 ± 0.06cd	8.33	13.70 ± 0.75ab	4.71 ± 0.16abc	116.50 ± 3.50b
E	0.92 ± 0.06cd	9.52	13.60 ± 0.86ab	4.59 ± 0.20cd	140.33 ± 7.79a
F	0.90 ± 0.06d	6.25	13.02 ± 0.69b	4.01 ± 0.13d	148.67 ± 7.40a
G	0.93 ± 0.07cd	17.86	13.53 ± 0.13ab	6.07 ± 0.12ab	146.00 ± 6.24a
CK	0.91 ± 0.07d	7.69	13.63 ± 0.59ab	4.73 ± 0.08bcd	110.33 ± 2.65b

3 结论与讨论

3.1 结论

苹果果形高桩、果顶五棱突起,是其外观品质的重要标志之一^[6]。本试验结果表明,嘎啦苹果在经过一定浓度的 6-BA·GA₄₊₇或 BR 处理后,其果实的纵径与横径皆产生了一定程度的变化。在施用 6-BA·GA₄₊₇或 BR 后,苹果果实每天的生长情况不同,6-BA·GA₄₊₇显著提高了果实的纵向生长速度,有利于苹果形成五棱突起高桩果,BR 则显著提高了果实的横向生长速度,有利于形成大果径果实。

本试验还发现,不同质量浓度的 6-BA·GA₄₊₇和 BR 在嘎啦苹果上持效期不同且均不超过 31 d。36 mg/L 6-BA·GA₄₊₇处理与其他处理相比,其果形指数和高桩果比例均最高,果顶五棱突起果比例也最高,且在加速果实横向生长与提高可溶性固形物含量、硬度、单果质量等方面均表现良好。因此,本研究中 36 mg/L 6-BA·GA₄₊₇为促进苹果形成高桩果的最佳处理。

另外,当前许多苹果产区存在高档优质果品比率低、市场竞争力差的现象^[7]。有些地方在栽植苹果后,虽不要求较高的高桩果率,但对苹果果实品质的提高有很大需求。本试验结果表明,G 处理能同时促进苹果纵、横向显著生长,且在提高苹果品质方面综合表现最好。因此,36 mg/L 6-BA·GA₄₊₇与 0.03 mg/L BR 混用处理对改善当前苹果品质具有一定指导意义。

3.2 讨论

一直以来,除选择高桩品种、培养健壮中庸树势等传统手段外,许多通过喷施植物生长调节剂来促进形成苹果高桩果的技术也一直被开发^[8-9]。有研究表明,多种果形剂可影响果形指数、提高高桩果比率和改善苹果品质,其中高桩素和普洛马林对提高果形指数、高桩果率都十分有效^[10-12]。据报道,高桩素和普洛马林的主要成分一致,是 1.8% GA₄₊₇ + 1.8% N-(phenylmethy)-(H-purine 6-amine)的复配制剂^[13]。本试验使用的 3.6% 6-BA·GA₄₊₇可溶液剂主要成分与上述果形剂一致,亦表现出与其相似的促高桩果效应。另外,本试验还发现,除了对苹果的高桩果比率、果实品质等方面有改善外,6-BA·GA₄₊₇和 BR 也能显著提高果实膨大果径的生长速度,且不同处理对果实纵向生长和横向生长的影响不同,这为制定果品生产目标和生产特殊果形的果品提供了技术依据。

一般认为,BR 是一类新型的植物生长调节物质,被称为

第六大类植物激素,现已在生产上广泛应用^[14-15]。BR 最早由 Mitchell 等在 1970 年从油菜花粉中获取,后 Grove 等确定了其结构为甾醇内酯,因此被命名为油菜素内酯或芸薹素内酯^[16-17]。之前,对 BR 的研究多集中在促进植物光合作用、提高植物的抗逆性、促进农药在植物体内的降解和代谢等方面^[18]。现在,BR 在促进细胞伸长、加快细胞分裂和促进单果生长等方面的作用也越来越受人们重视^[19-20]。本试验发现,在嘎啦苹果上全株喷施 BR 后,果实的横径增长速度显著增加、大果径果实比例提高、单果实质量增加、果实的可溶性固形物含量也得到显著提高。由此可见,芸薹素内酯在提高农作物产量和改善作物品质等方面有很好的应用前景。

参考文献:

[1] 辛淑亮,王奎先,林振海,等. 采收期苹果、梨果实纵横径与果形指数的理论分析[J]. 莱阳农学院学报,1986(1):63-71.

[2] 傅润民. 怎样使苹果果形正[J]. 西北园艺,1995(3):8.

[3] Goffinet M C,Robinson T L,Lakso A N. A comparison of ‘Empire’ apple fruit size and anatomy in unthinned and hand-thinned trees [J]. Journal of Horticultural Science,1995,70(3):375-387.

[4] Zeffari G R,Peres L P,Kerbaui G B. Endogenous levels of cytokinins,indoleacetic acid,abscisic acid,and pigments in variegated somaclones of micropropagated banana leaves [J]. Plant Growth Regulation,1998,17(2):59-61.

[5] 庾 琴,高 越,张润祥,等. 植物生长调节剂芸薹·吲乙·赤霉素在苹果树上的应用研究[J]. 中国植保导刊,2011,31(1):34-36.

[6] 周学明,林盛华,李武兴,等. 果形剂对增进新红星苹果高桩的试验[J]. 中国果树,1998(2):15-16.

[7] 刘凤之,魏长存,程存刚. 高桩素和普洛马林对苹果果形的影响[J]. 北方果树,1998(4):17.

[8] 王田利. 苹果栽培中生产高桩果的几项措施[J]. 河北果树,2010(2):41.

[9] 赵晓英. 八项措施促进苹果着色和果形高桩[J]. 山西农业,2006(9):6-7.

[10] 魏志贞,王喜林,王 华,等. 几种果形剂在苹果上的应用效果[J]. 甘肃农业科技,2002(2):27-28.

[11] 张永朝,董铁方,樊合信,等. 高桩素及普洛马林在苹果上应用比较试验[J]. 落叶果树,1998(增刊1):52-54.

[12] 王东升,孟月娥,张建林,等. 高桩素对新红星苹果果实品质的影响[J]. 河南农业科学,1999(6):32-33.

[13] 高九思,许创照,卫松梅,等. 果形剂对新红星苹果品质及坐果率的影响[J]. 北方果树,2005(6):5-6.

王江英,赵统利,邵小斌,等.日光温室盆栽非洲菊栽培基质筛选及耐盐性分析[J].江苏农业科学,2018,46(23):147-150.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.23.037

日光温室盆栽非洲菊栽培基质筛选及耐盐性分析

王江英,赵统利,邵小斌,朱朋波,汤雪燕,孙明伟,惠林冲

(江苏徐淮地区连云港农业科学研究所,江苏连云港 222000)

摘要:以盆栽非洲菊优良品种革命为研究材料,比较 8 种栽培基质和不同盐浓度基质下植株生长差异。结果发现,8 种配方中基质 S7(草炭:蛭石:椰糠=1:1:1)和 S4(草炭:椰糠=1:1)综合评价和开花生物量均较好。盆栽非洲菊革命在 50 mg/L NaCl 处理下可以正常生长,100~150 mg/L NaCl 轻度至中度抑制植株生长,浓度达 200 mg/L 时重度抑制植株生长。说明植株在日光温室中能够正常生长,其栽培基质及灌溉水中的盐浓度应低于 50 mg/L。

关键词:日光温室;盆栽;非洲菊;基质筛选;耐盐;生理指标;生长指标;综合评价;开花生物量;模糊数学隶属分析法;灰度关联度;权重

中图分类号:S682.1+10.4

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2018)23-0147-04

非洲菊(*Gerbera jamesonii*)是菊科(Asteraceae)大丁草属多年生宿根草本花卉,原产于非洲南部,在世界各地均有种植,是全球重要的商业切花和盆花。随着城市的不断发展,居室空间也逐渐减小,盆栽非洲菊因其花茎较短且粗壮、花朵大、花色丰富且花朵数多,成为花卉市场的畅销花卉之一,需求量不断扩大。江苏省连云港市地理条件独特,气候优越,冬季雨雪量较少,低温持续时间也较短,非常适宜盆栽非洲菊的种植。连云港市土壤多属棕壤及盐土,中性偏碱^[1],对其栽培基质配方筛选和优良品种耐盐性分析发现,一方面有利于盆栽非洲菊栽培技术水平提升以及优良品种选育,另一方面对于进一步促进我市花卉种植面积扩大也具有十分重要意义,可为农民增收、农业增效提供强有力的品种支持和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

2016 年 11 月笔者所在试验室从荷兰引进盆栽非洲菊组培

苗革命(橘红色带浅色花心)进行盆栽,组培苗生长状态良好且苗龄一致,株高约 5 cm。

1.2 栽培基质筛选

参试基质配方共有 8 种:CK,草炭:珍珠岩=4:1;S1,纯草炭;S2,纯珍珠岩;S3,草炭:珍珠岩=1:1;S4,草炭:椰糠=1:1;S5,草炭:珍珠岩:椰糠=1:1:1;S6,草炭:蛭石:珍珠岩=1:1:1;S7,草炭:蛭石:椰糠=1:1:1。其中基质 CK 为对照组,基质 S1~S7 为参试组,每种基质种植 3 盆(1 株/盆),试验重复 3 次。

将盆栽非洲菊革命分别种在 8 种基质中,在相同的田间管理和环境条件下生长,90 d 后分别记录幅宽、叶片数、花苞量、生物学产量以及利用手持式叶绿素仪测定叶绿素含量。各指标均重复测定 3 次。

1.3 耐盐性生理指标测定

选择苗龄相同、生长状态优良及相似的盆栽非洲菊革命,选用不同浓度的 NaCl 溶液进行浇灌,每隔 7 d 浇灌 1 次。其中,NaCl 溶液设 5 个浓度梯度,依次为 25、50、100、150、200 mg/L。以清水为对照(CK),共 6 个处理,每个浓度处理 3 株,分别浇灌 7、21 d 后采集叶片进行生理指标测定,重复 3 次。丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法^[2],氮蓝四唑(NBT)光还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性^[2]。各指标均重复测定 3 次。

1.4 数据处理

应用模糊数学隶属分析法计算生理指标和生长指标的综合隶属值^[3],运用灰色关联度分析法计算各项生理指标和生长

收稿日期:2017-06-13

基金项目:江苏省连云港市农业成果示范项目(编号:SF1501);江苏省连云港市第五期“521 工程”项目。

作者简介:王江英(1984—),女,江苏泰州人,博士,助理研究员,主要从事花卉分子育种及栽培技术研究。E-mail:wangjiangying3401@163.com。

通信作者:邵小斌,副研究员,主要从事花卉栽培及育种研究。E-mail:13851270566@163.com。

[14]王震,朱磊,宋金亮,等.高温胁迫下 2,4-表油菜素内酯对西葫芦幼苗生理及光合特性的影响[J].河南农业大学学报,2016(2):198-202.

[15]吴雪霞,查丁石,朱宗文,等.外源 2,4-表油菜素内酯对高温胁迫下茄子幼苗生长和抗氧化系统的影响[J].植物生理学报,2013(9):929-934.

[16]Mulqueen P. Recent advances in agrochemical formulation[J]. Advances in Colloid and Interface Science,2003(1):83-107.

[17]华乃震.农药剂型的进展和动向(下)[J].农药,2008,47(4):235-239,247.

[18]张琳.油菜素内酯的生理效应及发展前景[J].北方园艺,2011(20):188-191.

[19]华乃震.农药水分散粒剂的开发和进展[J].现代农药,2006,5(2):32-37.

[20]陆剑飞.芸薹素内酯对 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.