

李跃伟, 侯金丹, 孙慕芳, 等. 四种生长调节剂对玉米茎秆性状及抗倒伏性的影响[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(2): 377-382.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2023.02.010

四种生长调节剂对玉米茎秆性状及抗倒伏性的影响

李跃伟, 侯金丹, 孙慕芳, 雷振山
(信阳农林学院农学院, 河南 信阳 464000)

摘要: 为了探究乙烯利、矮壮素、芸苔素内酯、胺鲜酯·乙烯利 4 种植物生长调节剂对玉米抗倒伏性以及产量性状的影响, 本试验以玉米品种济单 7 号为材料。采用单因素随机区组试验设计。共设 5 个处理, 在玉米 9 叶期分别喷施乙烯利、矮壮素、芸苔素内酯、胺鲜酯·乙烯利、清水, 其中喷施清水为对照。结果表明, 乙烯利、芸苔素内酯、胺鲜酯·乙烯利处理的株高相比清水对照显著降低; 乙烯利处理的茎秆最粗, 与其他 3 种生长调节剂处理及清水对照差异显著; 4 种生长调节剂处理的穗位高相比清水对照显著降低; 4 种生长调节剂处理均能提高玉米产量。其中, 乙烯利处理的玉米产量最高。综合分析, 乙烯利处理的玉米抗倒伏性较好, 产量最高, 与清水对照相比增产 15.31%。

关键词: 玉米; 生长调节剂; 抗倒伏性; 产量

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2023)02-0377-06

Effects of four growth regulators on stalk traits and lodging resistance of maize

LI Yue-wei, HOU Jin-dan, SUN Mu-fang

(College of Agriculture, Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, China)

Abstract: In order to investigate the effects of four plant growth regulators, ethephon, chlormequat, brassinolide and diethyl aminoethyl hexanoate · ethephon, on lodging resistance and yield traits of maize, maize variety Jidan 7 was used as the material in this experiment. A single factor randomized block design was used. A total of five treatments were set up, and ethephon, chlormequat, brassinolide, diethyl aminoethyl hexanoate · ethephon and water were sprayed at 9-leaf stage of maize. Water was used as the control. The results showed that the plant height under the three treatments of ethephon, brassinolide and diethyl aminoethyl hexanoate · ethephon was significantly lower than that under the control. The stem under ethephon treatment was the thickest, which was significantly different from that under other three growth regulator treatments and control. The ear height of maize treated with the four growth regulators was significantly lower than that treated with the water. All the four growth regulators could improve the yield of maize, and the yield of maize treated with ethephon was the highest. Comprehensive analysis showed that the lodging resistance of maize under ethephon treatment was better, and the yield was the highest, which increased by 15.31% compared with the control.

Key words: maize; growth regulator; lodging resistance; yield

玉米是世界主要粮食作物之一, 其产量位居小

麦、水稻、玉米三大粮食之首^[1]。但在近些年来的玉米生产中, 倒伏问题变得尤为严重^[2]。倒伏问题的出现一定程度影响玉米生长过程中的生理活动, 从而影响玉米的产量, 降低玉米的经济价值。研究结果表明, 倒伏是影响玉米高产的因素之一^[3]。倒

收稿日期: 2022-11-15

作者简介: 李跃伟(1977-), 男, 河南漯河人, 学士学位, 讲师, 研究方向为玉米抗逆栽培。(E-mail)xyywl@163.com

通讯作者: 雷振山, (E-mail)1179791878@qq.com

伏的类型主要有三种,分别是茎倒、根倒、根茎复合倒^[4]。倒伏不仅影响经济性状^[5],同时也影响生物学产量^[6]。如何提高玉米的抗倒伏能力,是解决玉米增产的一项主要栽培措施。有关提高玉米抗倒伏能力的研究,主要有以下几个方面:选育抗倒伏品种^[7],加强病虫害防治和田间管理^[8-10],合理使用生长调节剂^[11-14]等。王怀鹏等^[15]的研究结果表明,玉米的抗倒伏能力与茎粗、株高和穗位高具有显著相关性。喷施生长调节剂提高抗倒伏行的机理在于使玉米植株节间缩短,植株高度降低,重心下移,以及促进生根,提高根系附着力,从而增强玉米的抗倒伏能力^[16],因此利用生长调节剂增强玉米抗倒伏性是有效的手段之一^[17]。

本试验以中国广泛种植、植株高度相对较高的玉米品种济单 7 号为试验材料,探讨了乙烯利、矮壮素、芸苔素内酯、胺鲜酯·乙烯利等几种常用生长调节剂在玉米生产上的应用效果,旨在阐明不同生长调节剂对玉米株型等农艺性状以及抗倒伏性、产量相关性状的作用,以期为豫南地区夏玉米生产中生长调节剂的合理选择及应用提供理论依据,并为该区域进一步实现玉米籽粒机械化收获提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

该试验于 2021 年 5 月 29 日-10 月 15 日在河南省信阳市信阳农林学院试验基地进行,该地区土壤肥沃,气候为亚热带向暖温带过度的大陆性季风气候,气候温暖,光热充足,雨量充沛,雨热同季,四季分明,天气多变。夏季平均气温为 26.6℃,夏季平均降水为 598.40 mm。

1.2 试验材料

供试玉米品种济单 7 号,由河南省济源市农业科学研究所选育而成。供试的生长调节剂有 4 种:乙烯利(总有效成分含量 40.00%的水剂)由四川润尔科技有限公司生产,记为 A;壮丰灵(芸苔素内酯)由山东泰邦农业发展股份有限公司生产,记为 B;矮壮素(羟烯腺)(总有效成分含量 50.00%的水剂)由四川润尔科技有限公司生产,记为 C;金得乐(胺鲜酯·乙烯利)(总有效成分含量 30.00%,乙烯利含量 27.00%,胺鲜酯含量 3.00%的水剂)由山东省济宁市喻屯工业园生产,记为 D。根据每亩用量分别折算成各小区用量,喷清水作为对照,记为 CK。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验采用随机区组设计。播种期为 5 月 29 日,小区长 9.00 m,宽 2.70 m,行距为 55.00 cm,株距为 30.00 cm,小区为 5 行区,小区面积为 24.3 m²,密度为 1 hm² 62 400 株,随机收取每小区最中间 3 行各 10 株(共 30 株)计产;每种生长调节剂处理 3 次重复,随机排列。在玉米 9 叶期(7 月 4 日),按使用说明书指定浓度,用背负式手动喷雾器对叶面进行喷雾,对照处理用等量的清水进行喷施。所有操作均在当天傍晚 6 点左右进行,由同一人完成。玉米田间喷施生长调节剂前后的管理均按照一般田间管理水平定期进行管理并做记录。

1.3.2 测定项目与方法 在玉米成熟后,收获前(乳熟期)随机取每个小区最中间 3 行各 10 株(共 30 株)玉米,测量株高,穗位高,茎秆粗,调查整个小区的空秆率,倒伏率。对所选定的测产玉米分别标号,晒干后考种,记载果穗数,穗长,穗粗,穗行数,行粒数等农艺性状指标,并计算穗粒数、秃尖度、百粒质量等产量性状相关数据。秃尖度=秃尖长度/穗长;

产量(kg/hm²)=1 hm² 有效穗数×穗粒数×百粒质量(g)×10⁻⁵。

1.4 数据分析

利用 Microsoft Excel 2016 进行试验结果统计分析并制图;应用 IBM SPSS Statistics 24 对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 4 种生长调节剂对玉米果穗性状的影响

由表 1 可知,不同生长调节剂处理的济单 7 号,穗长以芸苔素内酯处理的 25.05 cm 最长,乙烯利处理的最短,为 17.88 cm,相较于清水对照,4 种生长调节剂处理的穗长增长幅度为-0.39~6.78 cm,5 个处理的穗长差异不显著。针对秃尖度而言,乙烯利处理的秃尖度最小,为 0.03,矮壮素处理的秃尖度最大,为 0.07,相较于清水对照,4 种生长调节剂处理的秃尖度增加幅度为-0.01~0.03,处理间差异不显著。穗粗以胺鲜酯·乙烯利处理的 5.28 cm 为最粗,以芸苔素内酯处理的 5.09 cm 为最细,相较于清水处理,4 种生长调节剂处理的穗粗增粗幅度为-0.02~0.17 cm,处理间穗粗差异也不显著。对于行粒数和穗行数而言,5 个处理间差异均不显著。根据百粒质量的平均数据对比分析,乙烯利和胺鲜

酯·乙烯利处理的百粒质量与清水对照相比,显著增加,矮壮素和芸苔素内酯处理的百粒质量与清水对照相比,差异不显著,乙烯利和胺鲜酯·乙烯利处理的百粒质量相较于芸苔素内酯、矮壮素及清水处

理的百粒质量存在显著差异,4种生长调节剂处理的百粒质量由大到小依次为:乙烯利>胺鲜酯·乙烯利>清水对照>芸苔素内酯>矮壮素。

表 1 4 种生长调节剂对玉米果穗性状的影响

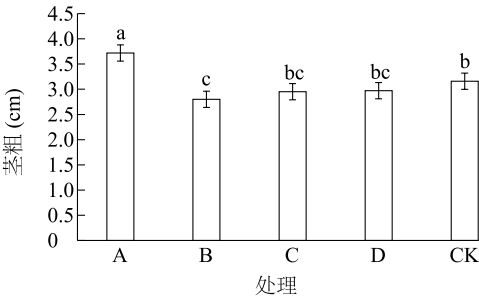
Table 1 Effects of four growth regulators on ear traits of maize

处理	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	秃尖度	行粒数	穗行数	百粒质量 (g)
A	17.88a	5.23a	0.03a	32.67a	15.83a	34.90a
B	25.05a	5.09a	0.05a	35.37a	15.80a	30.28b
C	18.36a	5.14a	0.07a	34.50a	15.37a	29.17b
D	18.23a	5.28a	0.05a	33.67a	16.03a	33.33a
CK	18.27a	5.11a	0.04a	33.87a	15.77a	30.88b

A: 乙烯利; B: 壮丰灵(芸苔素内酯); C: 矮壮素(羟烯腺); D: 金得乐(胺鲜酯·乙烯利); CK: 清水对照。同一列数值后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.2 4 种生长调节剂对玉米茎粗、倒伏率的影响

由图 1 可知,除了乙烯利处理的玉米茎秆比清水对照粗外,芸苔素内酯、矮壮素、胺鲜酯·乙烯利处理的茎粗均低于清水对照,其中芸苔素内酯处理的茎粗显著低于清水对照。



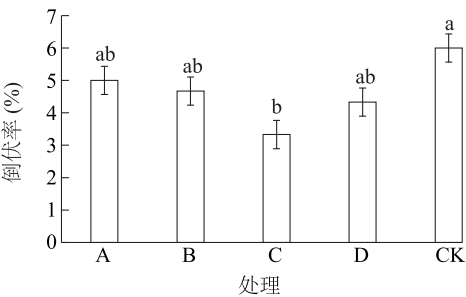
A: 乙烯利; B: 壮丰灵(芸苔素内酯); C: 矮壮素(羟烯腺); D: 金得乐(胺鲜酯·乙烯利); CK: 清水对照。不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

图 1 4 种生长调节剂对玉米茎粗的影响

Fig.1 Effects of four growth regulators on stalk diameter of maize

由图 2 可知,4 种处理的玉米倒伏率相对于清水对照都有不同程度的降低,特别是矮壮素处理的玉米倒伏率显著降低,倒伏率降低最不明显的是乙烯利处理。

由图 3 可知,4 个处理的空秆率相对于清水对照差别较大,空秆率最高的为芸苔素内酯处理,为 4.00%,空秆率最低的为乙烯利处理,为 1.67%,其中乙烯利和胺鲜酯·乙烯利处理的玉米空秆率都低



A: 乙烯利; B: 壮丰灵(芸苔素内酯); C: 矮壮素(羟烯腺); D: 金得乐(胺鲜酯·乙烯利); CK: 清水对照。不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

图 2 4 种生长调节剂对玉米倒伏率的影响

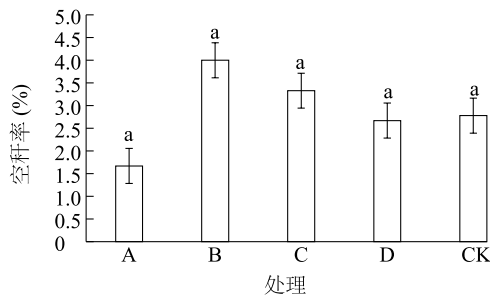
Fig.2 Effects of four growth regulators on lodging rate of maize

于清水对照,表明这两种生长调节剂处理可以一定程度增强玉米的结穗数,从而提高玉米产量。

由图 4 可知,4 个处理的双穗率都低于清水对照的 40.00%,4 个处理中,双穗率最低的为胺鲜酯·乙烯利处理,与清水对照相差 24.17 百分点,最高的为乙烯利处理,与清水对照相差 15.00 百分点。根据双穗率的数据可以分析得到,4 种生长调节剂处理对于济单 7 号玉米的双穗率都有一定的降低,胺鲜酯·乙烯利处理与清水对照相比存在显著差异。

2.3 4 种生长调节剂对玉米穗上、穗下节间长度的影响

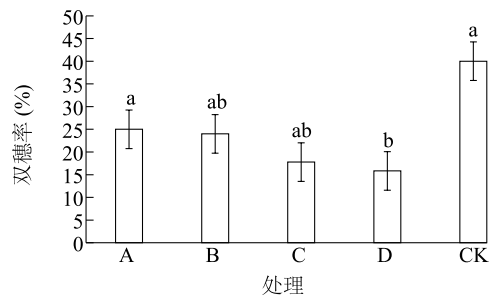
根据图 5 可知:乙烯利、芸苔素内酯、矮壮素、胺鲜酯·乙烯利处理以及清水对照的玉米穗上节间长



A: 乙烯利; B: 壮丰灵(芸苔素内酯); C: 矮壮素(羟烯腺); D: 金得乐(胺鲜酯·乙烯利); CK: 清水对照。不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

图 3 4 种生长调节剂对玉米空秆率的影响

Fig.3 Effects of four growth regulators on empty stalk percentage of maize



A: 乙烯利; B: 壮丰灵(芸苔素内酯); C: 矮壮素(羟烯腺); D: 金得乐(胺鲜酯·乙烯利); CK: 清水对照。不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

图 4 4 种生长调节剂对玉米双穗率的影响

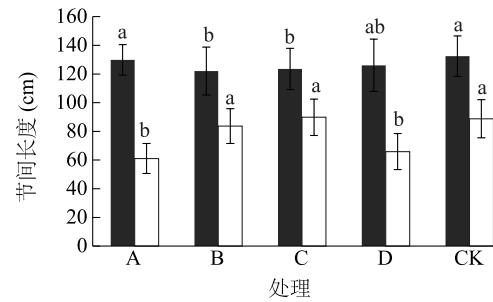
Fig.4 Effects of four growth regulators on double ear rate of maize

度分别为 129.83 cm、122.03 cm、123.53 cm、126.07 cm、132.47 cm; 穗下节间长度分别为 61.10 cm、83.73 cm、89.83 cm、65.90 cm、88.83 cm。

乙烯利和胺鲜酯·乙烯利处理的玉米穗下节间长度,相较于清水对照都有不同程度的下降。随着穗下节间长度的降低,玉米植株的重心下移,使得玉米的抗倒伏能力有一定程度的提高。

2.4 4 种生长调节剂对玉米穗位高、株高的影响

从图 6 可以看出,乙烯利、芸苔素内酯、矮壮素、胺鲜酯·乙烯利处理以及清水对照的玉米株高分别是 190.93 cm、205.77 cm、213.03 cm、190.77 cm、221.60 cm; 穗位高分别为 59.60 cm、84.43 cm、85.87 cm、59.97 cm、91.60 cm。4 种生长调节剂处理的穗位高相较于清水对照显著降低。相较于清水对照,乙烯



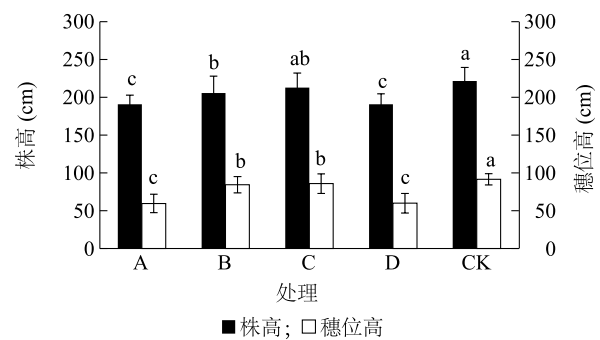
■ 穗上节间长度; □ 穗下节间长度

A: 乙烯利; B: 壮丰灵(芸苔素内酯); C: 矮壮素(羟烯腺); D: 金得乐(胺鲜酯·乙烯利); CK: 清水对照。同节位节间不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

图 5 4 种生长调节剂对玉米穗上、穗下节间长度的影响

Fig.5 Effects of four growth regulators on the length of upper and lower internodes in maize

利处理降低了 34.93%,胺鲜酯·乙烯利处理降低了 34.53%,芸苔素内酯处理降低了 7.83%,矮壮素处理降低了 6.26%。乙烯利、芸苔素内酯、胺鲜酯·乙烯利处理的株高相较于清水对照差异显著。相较于清水对照,乙烯利处理玉米株高降低了 13.84%,胺鲜酯·乙烯利处理株高降低了 13.91%,芸苔素内酯处理降低了 7.14%,矮壮素处理降低了 3.87%。玉米的株高和穗位高降低,玉米植株的重心下移,因此抗倒伏性也会增强。



■ 株高; □ 穗位高

A: 乙烯利; B: 壮丰灵(芸苔素内酯); C: 矮壮素(羟烯腺); D: 金得乐(胺鲜酯·乙烯利); CK: 清水对照。同一指标中不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。

图 6 4 种生长调节剂对玉米株高、穗位高的影响

Fig.6 Effects of four growth regulators on plant height and ear height of maize

2.5 4 种生长调节剂对玉米产量的影响

由表 2 可见,乙烯利处理的穗粒数高于清水对照,芸苔素内酯、矮壮素和胺鲜酯·乙烯利处理的穗粒数与清水对照无显著差异。乙烯利和胺鲜酯·乙

烯利处理的百粒质量显著高于清水对照;4种生长调节剂处理的玉米产量均显著高于清水对照,4种生长调节剂处理中乙烯利处理的玉米产量最高,矮壮素处理的玉米产量最低。相较于清水对照,4种生长调节剂处理的增产率由高到低依次为:乙烯利>胺鲜酯·乙烯利>芸苔素内酯>矮壮素,可以看出这4种生长调节剂处理都可以增加玉米产量,提高玉米种植效益。

表2 4种生长调节剂对玉米产量的影响

Table 2 Effects of four growth regulators on maize yield

处理	穗粒数 (粒)	百粒质量 (g)	产量 (kg/hm ²)	增产率 (%)
A	666.43a	34.90a	9 950.62a	15.31
B	574.70b	30.28b	9 325.10ab	8.06
C	539.47b	29.17b	9 094.65b	5.39
D	556.57b	33.33a	9 399.18ab	8.92
CK	569.03b	30.88b	8 629.63c	-

A:乙烯利;B:壮丰灵(芸苔素内酯);C:矮壮素(烯烯腺);D:金得乐(胺鲜酯·乙烯利);CK:清水。同一列数值后不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。

3 讨论与结论

生长调节剂对植物生长的调控作用是通过影响植物内源激素的合成、运输、代谢、与受体结合以及此后的信号转导过程而进行的^[18-21]。对目标植物而言,植物生长调节剂是外源的非营养性化学物质,通常可在植物体内传导至作用部位,很低的浓度就能促进或抑制其生命过程的某些环节。每种植物生长调节剂都有特定的用途,而且应用技术要求相当严格,只有在特定的施用条件下才能对目标植物产生特定的功效。本试验中只有乙烯利处理的茎粗相比对照显著增加,而众多研究结果表明,生长调节剂对玉米的茎粗有一定的增加作用,本试验结果与前人研究相差较大,可能与生长调节剂喷施的浓度和时期有关,可在后续研究中进行进一步验证。一般来说,茎秆越粗,倒伏率越低,但本研究结果不太符合这种情况,原因可能是倒伏除了受茎秆粗细影响以外,还受穗位高、穗重、双穗率等的影响。

本试验以玉米济单7号为试验材料,通过喷施4种不同生长调节剂对玉米抗倒伏性状以及产量性状的影响进行分析,4种生长调节剂处理后的玉米穗长、穗粗、秃尖度、穗行数、行粒数、茎秆粗、空秆率、穗粒数相对于对照处理有增有减,不完全增高或

降低。穗长最长为芸苔素内酯处理,最短为乙烯利处理;穗粗最粗为乙烯利处理,最细为芸苔素内酯处理;秃尖度最大为矮壮素处理,最小为乙烯利处理;行粒数最多为芸苔素内酯处理,最小为乙烯利处理;穗行数最多为胺鲜酯·乙烯利处理,最小为矮壮素处理。茎粗最粗为乙烯利处理,最细为芸苔素内酯处理,乙烯利和芸苔素内酯处理与清水对照相比在0.05水平上差异显著。对空秆率而言,最大为芸苔素内酯处理,最小为乙烯利处理;双穗率最低的为胺鲜酯·乙烯利处理,与清水对照相比显著降低。

处理后的玉米穗上节间长度相对于清水对照降低程度为:芸苔素内酯>矮壮素>胺鲜酯·乙烯利>乙烯利;对于穗下节间长度而言,乙烯利、胺鲜酯·乙烯利处理均低于清水对照。生长调节剂处理后,倒伏率降低程度为:矮壮素>胺鲜酯·乙烯利>芸苔素内酯>乙烯利;株高降低程度为:乙烯利>胺鲜酯·乙烯利>芸苔素内酯>矮壮素。

从玉米的产量来看,这4种生长调节剂处理的产量相对于清水对照的产量都有显著提高,其中乙烯利处理的玉米增产幅度最大,产量为9 950.62 kg/hm²,比清水对照增产15.31%,矮壮素处理的玉米增产幅度最小,产量为9 094.65 kg/hm²,比清水对照增产5.39%,同时芸苔素内酯和胺鲜酯·乙烯利处理的产量比清水对照分别增产8.06%和8.92%。

就本试验而言,在豫南地区,夏玉米济单7号在种植密度为1 hm²62 400株的情况下,喷施乙烯利的玉米抗倒伏性较好,产量最高。

参考文献:

- [1] 王荣基. 我国玉米国际竞争力研究[D]. 北京:北京工商大学, 2016.
- [2] 唐玉凤,陈平平,易镇邪,等. 玉米倒伏影响因素及其化学调控研究进展[J]. 作物研究, 2020, 34(2):183-189.
- [3] 田保明,杨光圣. 农作物倒伏及其评价方法[J]. 中国农学通报, 2005, 21(7):111-114.
- [4] 丰光,黄长玲,邢锦丰. 玉米抗倒伏的研究进展[J]. 作物杂志, 2008, 6(4):12-14.
- [5] 王云奇,李金鹏,王志敏,等. 12叶展倒伏对夏玉米籽粒灌浆特性和产量的影响[J]. 玉米科学, 2016, 24(4):90-97.
- [6] 卜俊周,岳海旺,谢俊良,等. 倒伏对玉米籽粒灌浆进度及产量的影响[J]. 河北农业科学, 2010, 14(6):1-2.
- [7] 黄海,陈德龙,常莹,等. 玉米品种抗倒能力差异及其机制研究[J]. 南京农业大学学报, 2014, 37(4):22-30.
- [8] 田再民,黄智鸿,陈建新,等. 种植密度对3个紧凑型玉米品种

- 抗倒伏性和产量的影响[J]. 玉米科学, 2016, 24(5):83-88.
- [9] 李波,张吉旺,崔海岩,等. 施钾量对高产夏玉米抗倒伏能力的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(11):2093-2099.
- [10] 王亮,丰光,李妍妍,等. 玉米倒伏与植株农艺性状和病虫害发生关系的研究[J]. 作物杂志, 2016(2):83-88.
- [11] 李玲,赵明,李连禄,等. 乙矮合剂对玉米产量和茎秆质量的影响[J]. 作物杂志, 2007(5):51-53.
- [12] 卢霖,董志强,董学瑞,等. 乙矮合剂对不同密度夏玉米茎秆抗倒伏能力及产量的影响[J]. 作物杂志, 2015(2):70-77.
- [13] 卫晓铁,张明才,李召虎,等. 不同基因型玉米对乙烯利反应敏感性的差异[J]. 作物学报, 2011, 37(10):1819-1827.
- [14] 卫晓铁,张明才,张燕,等. 乙烯利对不同基因型玉米节间伸长和内源激素的影响[J]. 农药学报, 2011, 13(5):475-479.
- [15] 王怀鹏,张翼飞,杨克军,等. 硅肥不同喷施浓度对玉米抗倒伏性能及产量构成的调控效应[J]. 玉米科学, 2020, 28(3):111-118.
- [16] 官凤英,范少辉,刘碧桃,等. 矮壮素不同浓度及施用方法对绿竹的生长调节效应[J]. 贵州农业科学, 2010(8):30-32.
- [17] 李彦昌,侯现军,闫丽慧,等. 不同化学调控剂浓度对夏玉米生长的影响[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(14):19-22.
- [18] 王浩,安宁,陈燕,等. IAA和脱萼剂处理对库尔勒香梨果实发育过程质地及相关酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2022,50(17):149-156.
- [19] 谭诚,张辉,袁洁,等. 不同植物生长调节剂对甘薯分枝结薯期淹水的缓解效果[J]. 江苏农业科学, 2022,50(23):81-89.
- [20] 王贝贝,徐旭,赵艳,等. 植物生长调节剂对花后渍水遮阴小麦籽粒淀粉合成和干物质积累的影响[J]. 江苏农业学报, 2022,38(1):9-19.
- [21] 樊海潮,顾万荣,尉菊萍,等. 植物生长调节剂增强玉米抗倒伏能力的机制[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(2):253-262.

(责任编辑:成纾寒)