



杨坤,王雨婷,王帝,等. S_{3307} 和 GA 对谷子农艺性状及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2020(7):75-80.

S_{3307} 和 GA 对谷子农艺性状及产量的影响

杨坤¹,王雨婷¹,王帝¹,李建英²,苗兴芬¹

(1. 黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省农业科学院 大庆分院, 黑龙江 大庆 163316)

摘要:为促进植物生长调节剂在谷子生产中的应用,本试验选用公矮 5 号和红谷 09-1 两个谷子品种为试验材料,采用大田随机区组设计,在拔节期分别喷施 3 种浓度的 S_{3307} 和 GA,研究其对谷子抗倒性和产量的影响。结果表明:与对照相比, S_{3307} 对公矮 5 号和红谷 09-1 的株高有抑制作用;增加了两个品种植株茎粗;公矮 5 号的 $75\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ S_{3307} 处理增产 15.6%,显著高于 CK,红谷 09-1 的 $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ S_{3307} 处理增产 25.7%,极显著高于 CK。与对照相比,GA 对两个品种的株高和茎粗都有促进作用;公矮 5 号的产量最大值是 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA 处理,增产 10.4%,但与 CK 差异不显著,红谷 09-1 的产量最大值是 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA 处理,增产 20.2%,显著高于 CK。

关键词: S_{3307} ; GA; 株高; 茎粗; 产量

谷子起源于中国,是我国北方重要的农作物之一,去皮后为小米,营养价值较高,含丰富的蛋白质、脂肪和维生素及铁等。谷子的抗干旱和耐贫瘠能力较强,但是产量较低,严重制约了谷子生产的发展^[1-2]。尤其是谷子发生倒伏后,叶片光合作用降低,呼吸作用增强,干物质积累减少,影响籽粒灌浆,最终出米率降低,严重影响产量。植物生长调节剂功能广泛,如烯效唑(S_{3307})是植物生长延缓剂,具有缩短节间、矮化植株,增加抗逆性等作用。研究表明,烯效唑可以有效抑制谷子株高,增大茎粗,从而有效缓解谷子倒伏的问题^[3-4]。赤霉素(GA)是重要的植物生长调节剂,增加了植物籽粒的灌浆时间,同时可以提高作物叶片的光合能力及同化物的转运效率^[5]。马建萍等^[6]的试验显示赤霉素的施用对谷子的根系和茎叶的生长有促进作用,并对植株干物质及产量影响较大。赤霉素作为茎秆伸长的主控因子,对茎秆长度起到决定性作用^[7-11]。

随着种植结构的调整及优化,谷子是重要的轮作换茬作物之一,也是优质高效的杂粮经特作物,对发展杂粮产业具有重要作用。研究应用植

物生长调节剂对谷子株高、茎粗及产量的调控作用,为谷子生产使用植物生长调节剂奠定理论基础。本试验选用公矮 5 号和红谷 09-1 两个品种,分别叶面喷施不同浓度的 S_{3307} 和 GA,研究其对谷子农艺性状和产量的影响,为谷子合理施用植物生长调节剂提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试谷子品种为公矮 5 号和红谷 09-1。供试生长调节剂为烯效唑(S_{3307})和赤霉素(GA)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2019 年 5 月 12 日在和丰牧场进行播种,每个小区 5 垄,垄长 5 m,垄距 65 cm,面积 16.25 m^2 。在谷子拔节初期叶片喷施植物生长调节剂 S_{3307} 和 GA,每种调节剂设置 3 个浓度梯度, S_{3307} 的浓度分别是 $25\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (S25)、 $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (S50)和 $75\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (S75);GA 的浓度分别是 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (G10), $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (G20)和 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (G30);对照(CK)处理喷施清水。

1.2.2 测定项目及方法 分别在 7 月 22 日、7 月 29 日、8 月 5 日、8 月 12 日和 9 月 18 日用卷尺测量植株株高(主茎基到最顶端叶片叶鞘的长度);用游标卡尺测量植株基部茎粗。

待谷子成熟后,进行考种,测定指标包括穗重、穗粒重、千粒重并换算公顷产量等。

1.2.3 数据分析 利用 SPSS 21.0 和 Excel 2016 软件进行试验数据的统计分析与作图。

收稿日期:2020-04-11

基金项目:黑龙江省博士后科研启动基金(LRB13127567);黑龙江省农垦总局项目(HKKY190208-5)。

第一作者:杨坤(1985-),男,在读硕士,从事作物化学控制原理与技术研究。E-mail:16192623@qq.com。

通信作者:苗兴芬(1975-),女,博士,副教授,硕导,从事谷子育种与栽培研究。E-mail:byndmxf@126.com。

表 1 各处理生长调节剂施用方案

Table 1 Application plan of growth regulator in each treatment

处理 Treatments	浓度 Concentration/ (mg·L ⁻¹)	小区调节剂用量 Dosage of regulator per plot/(mg·16.25 m ⁻²)	单位面积调节剂用量 Dosage of regulator per unit area/(mg·667 m ⁻²)	每小区用溶液体积 Solution volume/ (L·16.25 m ⁻²)	单位面积溶液体积 Solution volume per unit area /(L·667 m ⁻²)
CK	0	0	0	0.487	19.99
G10	10	3.48	142.85	0.487	19.99
G20	20	6.96	285.71	0.487	19.99
G30	30	10.45	428.97	0.487	19.99
S25	25	12.15	498.76	0.487	19.99
S50	50	24.30	997.52	0.487	19.99
S75	75	36.45	1496.27	0.487	19.99

2 结果与分析

2.1 S₃₃₀₇ 和 GA 对谷子株高的影响

由图 1 可知,S₃₃₀₇ 对公矮 5 号植株株高有抑制作用,随着 S₃₃₀₇ 浓度增加对植株株高的抑制作

用就越大,S75 处理的株高受到的抑制最明显,在 9 月 18 日的测量中 S75 处理的株高比对照矮 11 cm,S50 处理的株高比对照矮 8 cm,S25 处理的株高比对照矮 4 cm。

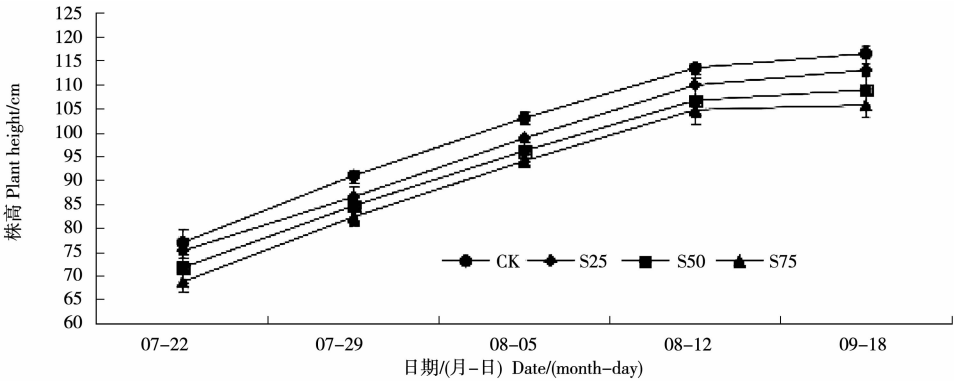


图 1 S₃₃₀₇ 对公矮 5 号株高的影响
Fig. 1 Effects of S₃₃₀₇ on plant height of Gongai No. 5

由图 2 可知,S₃₃₀₇ 对红谷 09-1 植株株高有抑制作用与公矮 5 号相似,都是随着 S₃₃₀₇ 浓度增加对植株株高的抑制作用就越大,对照处理在前期生长迅速,8 月 5 日以后生长变缓,而 S₃₃₀₇ 处理的

植株生长一直缓慢,没有特别快速增长时期,9 月 18 日的测量结果显示,抑制作用最明显的 S75 处理的株高比对照矮 18 cm,S50 处理比对照矮 10 cm,S25 处理比对照矮 8 cm。

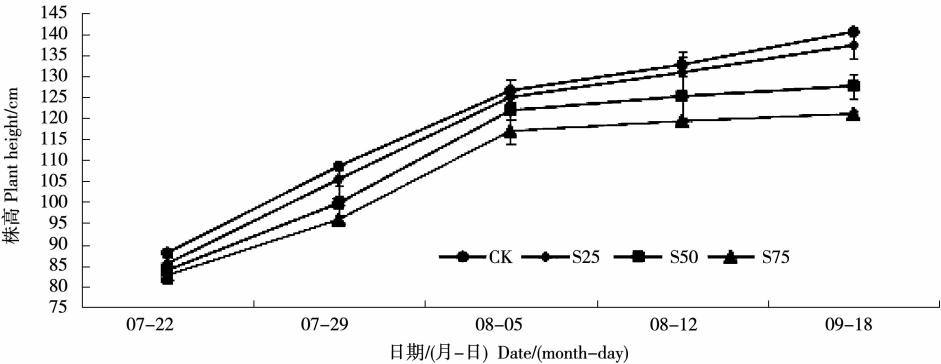


图 2 S₃₃₀₇ 对红谷 09-1 株高的影响
Fig. 2 Effects of S₃₃₀₇ on plant height of Honggu 09-1

由图 3 可知,在生育后期 GA 处理过的公矮 5 号植株株高都要明显高于对照处理,前期植株株高最大的是 G30 处理,生育后期植株主要表现为 $G20 > G30 > G10 > CK$, 9 月 18 日时, G20 处理的株高比 CK 高 13 cm, G30 处理比 CK 高 11 cm, G10 处理比 CK 高 2 cm。

由图 4 可知,喷施 GA 可有效促进红谷 09-1 的植株株高的增加,且随着 GA 浓度的增加株高

增加的越大,9 月 18 日的测量结果是 G30 处理的株高比对照的高 7 cm, G20 处理比对照高 3 cm, G10 处理比对照高 1 cm。对比公矮 5 号的株高增加程度可以看出, GA 对公矮 5 号的株高促进作用更明显。

综上, S_{3307} 对谷子的株高有抑制作用,且抑制程度随浓度增加而增大; GA 对谷子株高有促进作用,同样促进程度随浓度增加而增大。

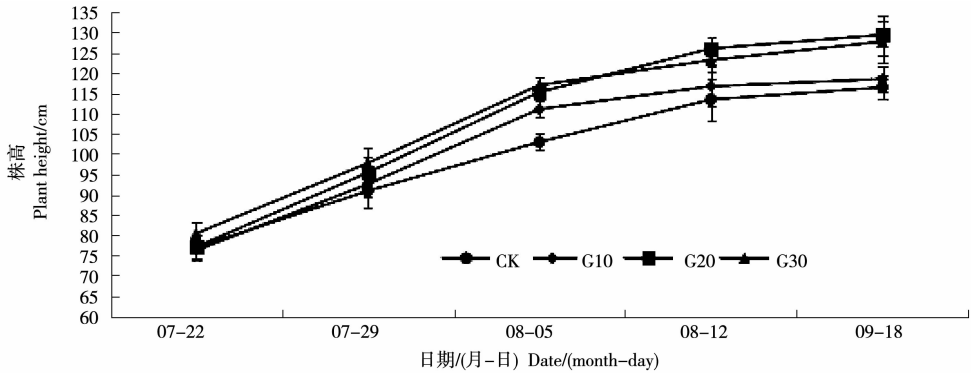


图 3 GA 对公矮 5 号株高的影响

Fig. 3 Effects of GA on plant height of Gongai No. 5

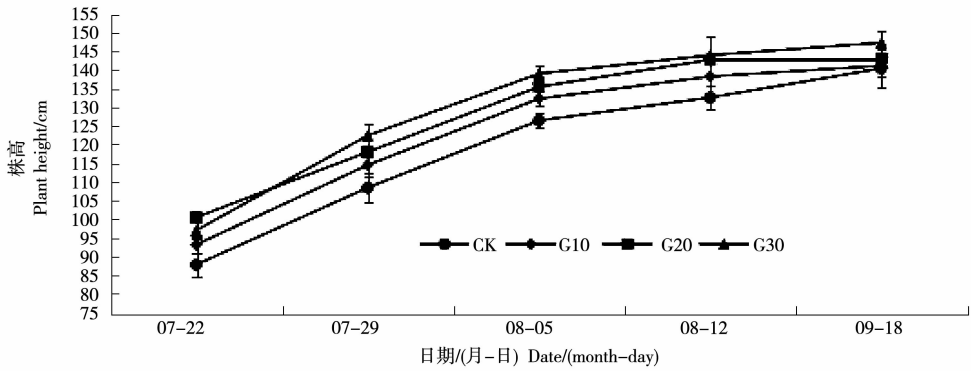


图 4 GA 对红谷 09-1 株高的影响

Fig. 4 Effects of GA on plant height of Honggu 09-1

2.2 S_{3307} 和 GA 对谷子茎粗的影响

由图 5 可知, S_{3307} 处理和 GA 处理对两品种的茎粗都有一定的促进作用。随着 S_{3307} 浓度增加, 谷子的茎粗不断增加, 公矮 5 号的最大值 S75 处理比 CK 大 0.15 cm, 红谷 09-1 最大值 S75 比 CK 大 0.13 cm, S_{3307} 对公矮 5 号的茎粗促进作用更明显。随着 GA 浓度增加公矮 5 号和红谷 09-1 的茎粗都呈现先增大后减小的规律, 最高值出现在 G20 处理, 公矮 5 号的 G20 处理比 CK 大

0.12 cm, 红谷 09-1 的 G20 处理比 CK 大 0.1 cm。 S_{3307} 对茎粗的促进作用更明显。

2.3 S_{3307} 和 GA 对谷子产量的影响

2.3.1 S_{3307} 对谷子产量的影响 由表 2 可知, S_{3307} 可以促进公矮 5 号植株单穗重和单穗粒重增加, 但是随着 S_{3307} 浓度增加, 单穗重和单穗粒重都在降低, 只有 S25 处理与 CK 差异达到显著水平。 S_{3307} 处理对千粒重影响不大, 各处理均没达到显著水平。 S_{3307} 处理的产量均高于 CK, 其中

S75 显著高于 CK,最高增产 15.6%,说明 S₃₃₀₇调

节剂对公矮 5 号有增产作用。

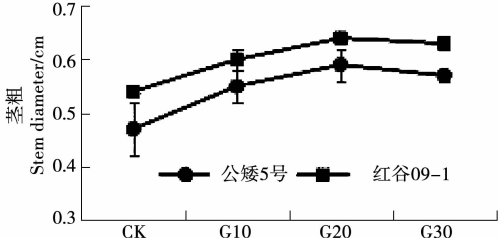
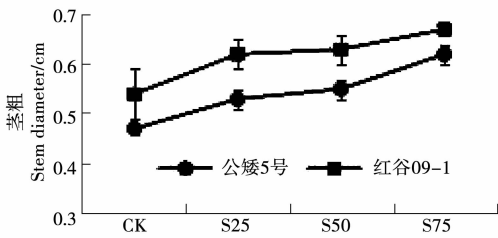


图 5 S₃₃₀₇ 和 GA 对公矮 5 号及红谷 09-1 茎粗的影响

Fig. 5 Effects of S₃₃₀₇ and GA on stem diameter of Gongai No. 5 and Honggu 09-1

表 2 S₃₃₀₇ 对谷子产量的影响

Table 2 Effect of S₃₃₀₇ on the yield of millet

品种	处理	单穗重	单穗粒重	千粒重	产量
Varieties	Treatments	Single panicle weight/g	Grain weight per spike/g	1000-grain weigh/g	Yield/(kg·hm ²)
公矮 5 号 Gongai No. 5	CK	11.27±0.15 Ab	8.48±0.10 Ab	2.30±0.06 Aa	2846.90±39.37 Ab
	S25	19.90±1.72 Aa	14.52±1.79 Aa	2.31±0.54 Aa	3181.18±94.39 Aab
	S50	17.13±2.93 Aab	12.60±2.92 Aab	2.35±0.22 Aa	3080.59±100.27 Aab
	S75	13.23±0.57 Ab	10.68±0.26 Ab	2.38±0.10 Aa	3290.41±180.07 Aa
红谷 09-1 Honggu 09-1	CK	7.48±0.29 Ab	5.43±0.30 Ab	2.50±0.01 Bb	1496.31±57.74 Bc
	S25	10.83±1.31 Aa	7.83±0.81 Aa	2.67±0.06 ABa	1633.33±36.28 ABbc
	S50	9.60±0.32 Aa	7.62±0.14 Aa	2.78±0.05 Aa	1881.62±58.66 Aa
	S75	10.24±0.89 Aa	7.77±0.80 Aa	2.79±0.06 Aa	1737.62±44.93 ABab

注:表中大小写字母表示 1%和 5%显著水平。下同。

Note:Different uppercase and lowercase letters in the same column indicate significant differences of 1% and 5%, respectively. The same below.

由表 2 可知,喷施 S₃₃₀₇ 对红谷 09-1 的单穗重和单穗粒重都有增加作用,S25、S50 和 S75 处理的单穗重和单穗粒重都显著高于 CK。S₃₃₀₇ 对千粒重的影响表现为各浓度处理都显著高于 CK,其中 S50 和 S75 处理与 CK 达到极显著差异水平。对产量影响表现为,S50 和 S75 处理的产量显著高于对照处理,其中 S50 处理的产量最高,与 CK 达到极显著差异水平,增产 25.7%。S₃₃₀₇ 对红谷 09-1 的增产效果更明显。

2.3.2 GA 对谷子产量的影响 由表 3 可知,GA 处理过的公矮 5 号的单穗重都极显著高于 CK,其中 G20 处理单穗重最高。单穗粒重方面,G10 处理显著高于 CK,G20 处理极显著高于

CK。GA 促进千粒重增加,但是只有 G10 处理显著高于 CK,G20 与 G30 与 CK 差异不显著。GA 处理的产量均高于 CK,但均没达到显著差异水平,且随着 GA 浓度的增加产量逐渐减少,G10 处理产量最高,与 CK 相比增产 10.4%。

GA 处理对红谷 09-1 植株的单穗重和单穗粒重的影响表现一致,G30 处理显著高于 CK 处理,G10 和 G20 处理极显著高于 CK。GA 处理可以有效增加千粒重,G10、G20 和 G30 处理的千粒重都极显著高于 CK。产量随着 GA 浓度的增加而不断增大,其中 G20 和 G30 处理与 CK 达到了显著差异水平,最高增产 20.2%。GA 对红谷 09-1 的增产效果更好。

表 3 GA 对谷子产量的影响
Table 3 Effect of GA on the yield of millet

品种	处理	单穗重	单穗粒重	千粒重	产量
Varieties	Treatments	Single panicle weight/g	Grain weight per spike/g	1000-grain weigh/g	Yield/(kg·hm ⁻²)
公矮 5 号 Gongai No. 5	CK	11.27±0.15 Cc	8.48±0.10 Bc	2.30±0.06 Ab	2846.90±39.37 Aa
	G10	17.10±1.29 Bb	12.58±1.65 ABab	2.71±0.13 Aa	3143.33±133.56 Aa
	G20	20.70±0.57 Aa	14.26±0.58 Aa	2.43±0.06 Aab	3056.15±119.93 Aa
	G30	14.90±0.25 Bb	10.96±0.57 Bbc	2.61±0.13 Aab	3019.44±89.23 Aa
红谷 09-1 Honggu 09-1	CK	7.48±0.29 Cc	5.43±0.30 Cc	2.50±0.01 Bc	1496.31±57.74 Ab
	G10	11.06±0.61 Aa	8.59±0.25 Aa	2.71±0.09 Ab	1671.41±72.17 Aab
	G20	10.71±0.18 ABa	8.09±0.47 ABa	3.00±0.05 Aa	1791.79±44.09 Aa
	G30	9.13±0.14 BCb	6.79±0.23 BCb	2.60±0.04 Abc	1798.36±111.71 Aa

3 结论与讨论

不同谷子品种株高存在差异。谷子植株越高越易倒伏,茎秆要承受一定的拉弯力,随着株高的增加,这种拉弯力也明显加大,使得生产上高秆谷子品种的倒伏现象要重于中低秆谷子品种,茎秆倒伏严重影响产量^[12]。选择茎秆粗壮、株高适宜的谷子品种是预防谷子倒伏的有效措施,是促进谷子增产的最佳途径。通过植物生长调节剂处理达到控制谷子株高和增加茎粗的目的,进而增加产量。拔节期是谷子生长发育的重要时期,是营养生长和生殖生长同时进行的时期,拔节期叶面喷施植物生长调节剂可以有效改善谷子的农艺性状和产量。

高杨等^[13]的研究发现,叶面喷施烯效唑可以有效抑制植株 1~4 节的节间长,从而降低株高,并且对茎粗有促进作用,有效提高植株的抗倒伏能力。有研究表明,灌浆期对谷子叶面喷施赤霉素可以有效提高谷子的株高和茎粗,但是不同品种对赤霉素浓度的敏感程度不同^[14]。付淑换等^[15]对粳稻的研究表明,外源赤霉素在一定浓度范围内对植株株高和茎节促进作用随着浓度增加而增强。本试验结果显示,S₃₃₀₇ 处理对公矮 5 号和红谷 09-1 植株株高都有抑制作用,且抑制作用随调节剂浓度增加而增大。GA 对公矮 5 号和红谷 09-1 植株株高都有促进作用,促进作用随浓度增加整体呈增大趋势。S₃₃₀₇ 和 GA 对谷子茎粗都

有促进作用,使谷子茎粗增加,提高了谷子抗倒伏能力。

烯效唑通过调节植株体内的内源激素的含量,增加了植物光合强度,从而增加了植株的干物质积累,最终提高产量^[16]。张春娟等^[17]的研究也显示,叶面喷施烯效唑可以增加某阶段叶片中蔗糖含量,短期内的蔗糖浓度高的情况下可以促进同化物从源器官向库器官的转运,从而促进产量的形成。国内众多学者分别对西芹、菠萝等植物进行了外源赤霉素的喷施,结果都显示赤霉素对碳水化合物向籽粒中转运和再分配起到了促进作用,增加了作物产量^[18-20]。本试验中,经过 S₃₃₀₇ 和 GA 处理的两品种,单穗重、单穗粒重、千粒重和产量几乎都比 CK 显著增加。

S₃₃₀₇ 处理与对照相比对公矮 5 号和红谷 09-1 植株株高都有抑制作用,且抑制作用随调节剂浓度增加而增大。GA 与对照相比对公矮 5 号和红谷 09-1 植株株高有促进作用,且随着 GA 浓度增加株高逐渐增加,因品种对调节剂的敏感程度不同,促进效果不同。S₃₃₀₇ 和 GA 对公矮 5 号和红谷 09-1 的茎粗都有促进作用,进而增加谷子的抗倒伏能力。S₃₃₀₇ 处理明显提高公矮 5 号和红谷 09-1 的产量,GA 处理的红谷 09-1 与 CK 相比增产显著,但对公矮 5 号增产效果差异不显著,S₃₃₀₇ 和 GA 对红谷 09-1 的增产效果都比公矮 5 号明显。

参考文献:

- [1] 陈卫军,魏益民.国内外谷子研究现状[J].杂粮作物,2000,20(3):27-29.
- [2] 张亨禄.晋谷 21 号的特点和推广意见[J].种子科技,1994(3):38-39.
- [3] 高杨,王杰,石丽娟,等.叶面喷施烯效唑对谷子抗倒伏性状及光合色素含量的影响[J].山西农业科学,2017,45(8):1232-1236.
- [4] 聂萌恩.喷施多效唑浸种对谷子生理特性和产量的影响[M].太谷:山西农业大学,2014.
- [5] 褚孝莹,李晶,李馨园.叶面喷施赤霉素对小黑麦旗叶光合及产量的影响[J].麦类作物学报,2011,31(6):1136-1140.
- [6] 马建萍,古世禄.谷子应用生长调节剂的生理效应[J].作物杂志,1995(6):31-33.
- [7] Murofushi N. Biosynthesis of gibberellins in rice and its dwarfism[J]. Gamma Field Symposia,1992,31:11-23.
- [8] Fujioka S, Yamane H, Spray C R, et al. Qualitative and quantitative analyses of gibberellins in vegetative shoots of normal, dwarf-1, dwarf-2, dwarf-3, and dwarf-5 seedlings of *Zea mays* L. [J]. Plant Physiology,1988,88:1367-1372.
- [9] Takahashi N. Endogenous plant hormones in rice in relation to the regulation of its lifecycle[M]. In:Pharis R P, Rood S B, eds. Plant Growth Substances. New York:Springer-Verlag,1988.
- [10] Reid J B, Davies P J. The genetic and physiology of gibberellin sensitivity mutants in peas[M]. In:Karssen C M, Van Loon L C, Vreugdenhil D, eds. Progress in plant growth regulation. Netherland:Kluwer Academic Publishers,1992.
- [11] 汪慧芳,陈润兴. S3307 对秋大豆株型和产量的影响[J]. 植物生理学通报,1997,33(3):181-183.
- [12] 袁立新. 谷子株型对茎秆倒伏影响的研究[J]. 吉林农业科学,1998,4(10):36-37.
- [13] 高杨,王杰,石丽娟,等. 叶面喷施烯效唑对谷子抗倒伏性状及光合色素含量的影响[J]. 山西农业科学,2017,45(8):1232-1236.
- [14] 郑林林,原向阳,邵冬红,等. 灌浆期喷施赤霉素对谷子农艺性状及产量的影响[J]. 山西农业科学,2014,42(5):455-457.
- [15] 付淑换,郭媛. 梗稻农艺性状对外源赤霉素敏感性的 QTL 定位研究[J]. 农业科学与技术(英文版),2010,11(2):52-56,136.
- [16] Zheng R R, Yun W U, Xia Y P. Chlorocholine chloride and paclobutrazol treatments promote carbohydrate accumulation in bulbs of *Lilium* Oriental hybrids 'Sorbonne' [J]. Journal of Zhejiang University-Science B (Biomedicine & Biotechnology),2012,13(2):136-144.
- [17] 张春娟. 植物生长物质对马铃薯生长发育及产量品质的影响[M]. 大庆:黑龙江八一农垦大学,2009.
- [18] 杜明华,何忠仁,杜长玉,等. 不同生长素对西芹产量及其性状和生理指标的影响[J]. 内蒙古农业科技,2006(4):46-47.
- [19] 刘岩,刘传和,凡超,等. 赤霉素对菠萝果实生长发育及品质的影响[J]. 广东农业科学,2012(12):42-43.
- [20] 孙盼盼,李建贵,王娜. 叶面肥和赤霉素对骏枣果实生长发育中糖积累的影响[J]. 西北农业学报,2011,20(12):98-102.

Effects of S₃₃₀₇ and GA of Agronomic Characters and Yield on Millet

YANG Kun¹, WANG Yu-ting¹, WANG Di¹, LI Jian-ying², MIAO Xing-fen¹

(1. Agricultural College of Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China; 2. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163316, China)

Abstract: In order to promote the application of plant growth regulators in millet production, Gongai No. 5 and Honggu 09-1, were used as test materials. The field randomized block design method was used to spray S₃₃₀₇ and GA at jointing stages to study the resistance to millet and yield impact. The results showed that S₃₃₀₇ had an inhibitory effect on the plant height of Gongai No. 5 and Honggu 09-1 compared with CK; the stem diameters of the two plants were increased; the 75 mg·L⁻¹ S₃₃₀₇ treatment of Gongai No. 5 increased the yield by 15.6%, and reached a significant difference to CK. The 50 mg·L⁻¹ S₃₃₀₇ treatment of Honggu 09-1 increased the yield by 25.7%, and reached a significantly different level to CK. GA could promote the plant height and stem diameters of the two varieties compared with CK; the maximum yield of Gongai No. 5 was 10 mg·L⁻¹ GA treatment, increasing the yield by 10.4%, but it did not reach the level of significant difference to CK, the maximum yield of Honggu 09-1 was 30 mg·L⁻¹ GA treatment, which increased production by 20.2%, and reached significant difference to CK.

Keywords: S₃₃₀₇; GA; plant height; stem diameter; yield