

硒肥对制种田玉米杂交种子活力及产量的影响

张树庚, 任成梁, 杨 珍, 张 德, 赵 军

(武威市农业科学研究院, 甘肃 武威 733000)

摘 要: 选取甘肃省3种基因型的玉米主栽品种(早熟、中熟和晚熟)亲本材料, 在母本灌浆期喷施硒肥, 在母本果穗子粒生理成熟(乳线大约在 1/2 位置)和完熟(乳线消失)时期测定秃尖长、出籽率、百粒重等产量构成因素, 测试种子中硒元素含量和种子活力, 分析外源调节物质“富硒叶面调节剂”对制种田玉米产量、子粒硒含量及种子活力的影响。结果表明, 喷施有机硒肥对制种玉米部分产量构成因素有一定影响, 不同基因型玉米秃尖长减少不显著, 出籽率显著增加, 显著提高种子中硒含量、种子发芽势和种子发芽率。

关键词: 玉米; 外源调节物质; 种子活力; 硒含量

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

Effects of Selenium Fertilizer on Yield and Seed Vigor of Maize with Different Genotypes

ZHAG Shu-geng, REN Cheng-liang, YANG Zhen, ZHANG De, ZHAO Jun

(Wuwei Academy of Agricultural Sciences, Wuwei 733000, China)

Abstract: This study aimed to investigate the influence of exogenous regulatory substance “selenium-enriched leaf surface regulator” on the yield components, grain selenium content and germination rate of maize seed, three genotypes of main maize varieties in Gansu province, including early maturing, middle maturing, and late maturing varieties, were selected as parent materials, and selenium fertilizer was sprayed on the mother stock during the filling stage. The components of seed yield (ear length, apex length, seed production rate, weight per 100 seeds, etc.) were measured at physiological ripening (milk line at about 1/2 position) and complete ripening (milk line disappearing) of mother fruit, respectively, the seeds were harvested, selenium content and seed vigor were tested. The results showed that the application of organic selenium fertilizer had a significant effect on some yield components of seed production maize, such as the decrease in apex length and the increase in seed yield in different genotypes of maize.

Key words: Maize; Exogenous regulatory substance; Seed vigor; Selenium content

硒是人体所需重要的微量元素, 也是植物生长发育的有益元素, 在动植物的生长过程中发挥了关键作用^[1]。由于人体不能直接合成硒元素, 作物是该元素的主要膳食来源^[2-3]。玉米是我国重要的粮食作物, 甘肃是主要的生产基地^[4], 玉米是在没有外源硒强化措施支持下, 子粒硒含量普遍较低^[5]。关于富硒玉米栽培技术、叶面喷施硒肥对玉米硒富集影响的研究已有较多报道, 叶面喷施技术有利于作物对硒的吸收富集, 可显著提高玉米子粒中的含量,

该措施已在生产中得到广泛应用^[6,7]。目前, 有关施用外源硒对玉米富硒作用的研究多集中于鲜食糯玉米和甜玉米, 针对制种玉米品种硒肥喷施的研究报道较少。本研究研究喷施外源硒肥对不同基因型(早熟、中熟、晚熟)制种玉米产量、子粒硒含量和种子活力的影响, 为制种玉米品种施用硒肥及生产富硒玉米杂交种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在武威市凉州区清源镇开展, 属典型的温带大陆性干旱气候, 具有干旱少雨、日照充足、昼夜温差大的特点, 年平均气温 7.8℃, 平均降水量 210.5 mm, 潜在蒸发能力 2 910 mm, 年蒸发量 2 020 mm, 日照时数 2 960 h, 无霜期 161 d。沙壤土,

录用日期: 2023-04-10

基金项目: 现代丝路寒旱农业科技支撑项目“干旱及外源调节物质对玉米种子活力的影响”(GSLK-2021-10-2)

作者简介: 张树庚(1965-), 甘肃古浪人, 主要从事农业科研及技术推广服务工作。Tel: 0935-6975838

土地平坦,肥力中等,灌水方便,适宜杂交玉米种植和玉米杂交种制种繁育。

1.2 供试材料

选择3个熟期玉米品种,分别为早熟品种英德77、中熟品种武科19和晚熟品种裕单185,其中,英德77的父本是LH6534,母本是LH501;武科19的父本是武3792,母本是武8182,亲本材料均采购于甘肃武科种业科技有限公司;裕单185的父本是CZ13,母本是Z2113,亲本材料采购于遵义农资(集团)农之本种业有限责任公司。

本研究选取外源调节物质为“富硒叶面调节剂”,该生物有机硒液体复合肥采购于苏州寰宝农业科技有限公司,硒含量 $>200\text{ mg/kg}$,有效活菌数 $\geq 2\times 10^8\text{ CFU/mL}$ 。

1.3 试验设计

试验设硒肥和不同基因型玉米制种品种2个处理,分别为不施用硒肥和施用硒肥;制种玉米品种B1为早熟玉米品种(英德77)、B2为中熟玉米品种(武科19)、B3为晚熟玉米品种(裕单185)。试验共6个处理,每个处理小区面积为 50 m^2 ,每个处理3次重复。试验小区采用“一膜双管”种植模式,父母本比例均为1:6,早熟品种英德77每膜播4行,株距22 cm、行距40 cm,先播第一期父本,过7 d播第二期父本和母本,父母本点种数2粒以上,种植密度为 $97\ 410\text{ 株/hm}^2$;中熟品种武科19每膜播4行,株距25 cm、行距40 cm,先播母本5 d后播第一期父本和插花父本,种植密度为 $85\ 725\text{ 株/hm}^2$;晚熟品种裕单185每膜播3行,母本株距22 cm、行距53 cm,先播一期父本,7 d后播二期父本,母本在父本4~5叶期进行播种,种植密度为 $73\ 515\text{ 株/hm}^2$ 。

试验地补水均采用膜下滴灌方式。每个小区装有独立水表和阀门,以控制灌溉水量。在肥料管理上,统一施用基追肥,播种前人工撒施磷二铵 450 kg/hm^2 、硫酸锌 30 kg/hm^2 、硫酸钾 225 kg/hm^2 ,尿素 225 kg/hm^2 作基肥一次施入,用机械旋耕、耙耱、铺设滴管带、覆膜。根据种植作物需肥规律和生长情况,追肥时期从母本9叶1新期开始,至母本子粒蜡熟中后期结束,直至抽穗期结束,共追肥8次,每次追施尿素 75 kg/hm^2 。各处理追肥次数、时期、数量相同。本研究中喷施有机硒肥3次,喷施时期分别为母本吐丝期、吐丝后20 d和吐丝后35 d,选择太阳落山后避光喷施。根据“富硒叶面调节剂”产品使用说明,有机硒原液用量为 15 kg/hm^2 ,硒肥处理中原液与清水1:50稀释后喷施叶面,对照组喷施同样量的清水。

1.4 测定项目与方法

取样时期为2次,分别为母本果穗子粒生理成熟(乳线大约在1/2位置)和完熟(乳线消失)期,在每个处理中间区域连续选取20株杂交玉米种子,3次重复,即每个处理取样60株,晾晒至安全含水量(14%)进行室内考种,计算折合单位面积产量。将玉米穗带回室内进行考种,按常规方法分别测定各玉米品种的秃尖长、穗行数、行粒数、穗重、穗粒重、出籽率、百粒重、产量。

种子中硒元素含量测定,采用微波高压快速消解法和紫外分光光度法^[8],利用微波消解技术处理样品,随后用甲苯萃取,紫外分光光度法测定种子中微量元素硒。

参考国标(GB/T5520-2011)技术规定进行发芽试验,测定玉米种子发芽率、发芽势。具体试验方法,在发芽盒中铺厚度为2.0 cm的砂子,将玉米种子整理排列在砂子上并将种子轻轻地压入发芽盒内的砂子中,使种胚与砂子紧密接触后浇水,使砂子含水量在60%~80%,并覆盖1.5 cm厚的砂子,随后将发芽盒放入25℃恒温光照培养箱,培养至第3 d时测定玉米种子发芽势,第7 d时测定发芽率。试验每个处理每份材料种100粒,3次重复。

种子发芽势=第3 d时发芽种子数/供试种子总数 $\times 100\%$;

种子发芽率=第7 d时发芽种子数/供试种子总数 $\times 100\%$ 。

1.5 数据处理与分析

采用Microsoft Excel 2010软件进行数据整理及表格制作,采用SPSS 22.0软件(IBM, USA)对试验数据进行单因素方差分析和多重比较(最小显著差法)。

2 结果与分析

2.1 喷施硒肥对不同玉米品种产量构成因素的影响

喷施硒肥对早熟玉米品种英德77影响,在母本果穗粒生理成熟期和果穗子粒完熟期,部分产量构成因素影响显著(表1)。在母本果穗子粒生理成熟期,硒肥处理组和对照组相比,玉米果穗秃尖长显著下降,降低29.8%;在完熟期差异不显著。在母本果穗子粒生理成熟期、完熟期,硒肥处理组的穗行数、行粒数、穗长均较对照组影响不明显。在母本果穗子粒生理成熟期、完熟期,硒肥处理组的穗粗均较对照组有增加趋势,分别增加7.28%、4.32%。在硒肥处理组中,出籽率有升高趋势,两个时期分别升高2.3%和1.1%。在母本果穗子粒生理成熟期、完熟

期,硒肥处理组与对照组的百粒重差异较小,较对照组分别增加 0.4%、0.6%。在母本果穗子粒完熟期时,硒肥处理组的产量较对照组有增加趋势,增产率为 0.8%。

表 1 喷施硒肥对玉米品种产量构成因素的影响
Table 1 Effects of selenium fertilizer on yield components of three maize varieties at maturity stage

品 种	取样时期	处 理	秃尖长	穗行数	行粒数	穗 长	穗 粗	有效株数	出籽率	百粒重	产 量
Cultivar	Sampling time	Treatment	(cm)	(行/穗)	(粒/行)	(cm)	(cm)	(株/hm ²)	(%)	(g)	(kg/hm ²)
			Apex length	Rows per ear	Kernels per row	Ear length	Ear diameter	Effective number of plants	Seed yield	100-grain weight	Yield
英德 77	生理成熟期	CK	1.24 a	15.3 a	27.4 a	14.29	3.57	97 410	68.5 b	20.60 a	6 109.50 a
		硒处理	0.87 b	15.2 a	27.7 a	14.28	3.83	97 410	70.1 ab	20.70 a	6 062.85 a
	完熟期	CK	0.93 a	15.6 a	27.7 a	15.17	3.70	97 410	70.3 ab	23.60 a	8 195.40 a
		硒处理	0.79 a	15.4 a	27.7 a	15.18	3.86	97 410	71.1 a	23.75 a	8 260.35 a
武科 19	生理成熟期	CK	1.71 a	15.3 a	23.5 a	13.93	3.95	85 725	70.5 b	21.95 a	4 914.90 a
		硒处理	1.11 ab	15.9 a	24.3 a	14.00	3.95	85 725	74.9 a	22.65 a	5 029.20 a
	完熟期	CK	1.56 a	15.4 a	23.7 a	13.96	3.95	85 725	78.2 b	31.95 a	6 615.15 a
		硒处理	1.51 a	16.0 a	24.5 a	14.10	4.00	85 725	84.3 a	31.05 a	6 600.90 a
裕单 185	生理成熟期	CK	2.61 a	18.1 a	20.2 a	16.52	4.29	73 515	65.8 b	24.95 a	5 064.90 a
		硒处理	1.62 b	18.0 a	20.8 a	15.38	4.48	73 515	68.5 a	23.80 b	5 173.20 a
	完熟期	CK	2.33 a	18.1 a	22.1 a	16.69	4.67	73 515	73.1 a	31.40 b	7 467.60 a
		硒处理	2.12 b	18.3 a	22.2 a	17.55	4.67	73 515	73.0 a	32.50 a	7 315.95 a

注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($p<0.05$)。
Note: Different letters (a, b) indicate significant differences among different treatments($p<0.05$).

2.2 喷施硒肥对中熟玉米品种武科 19 产量构成因素的影响

喷施硒肥对中熟玉米品种武科 19 影响,在母本果穗子粒生理成熟(乳线大约在 1/2 位置)期、母本果穗子粒完熟(乳线消失)期,对部分产量构成因素影响显著(表 1)。在母本果穗子粒生理成熟期,硒肥处理组玉米果穗秃尖长比对照组降低 35.1%。在 2 次调查时期,穗行数、行粒数、穗长、穗粗均有增加趋势,但增幅较小。在母本果穗子粒生理成熟期、完熟期,硒肥处理组均较对照组的出籽率有增加趋势,较对照组分别增加 6.2%、7.8%。在母本果穗子粒生理成熟期时,硒肥处理组的产量较对照组有增加趋势,增产率为 2.33%,在母本果穗子粒完熟期时,硒肥处理组与对照组的产量几乎没差异。

2.3 喷施硒肥对晚熟玉米品种裕单 185 产量构成因素的影响

喷施硒肥对晚熟玉米品种裕单 185 影响,在母本果穗子粒生理成熟(乳线大约在 1/2 位置)期、母本果穗子粒完熟(乳线消失)期,对部分产量构成因素影响显著(表 1)。在母本果穗子粒完熟期,硒肥处理组均较对照组的果穗秃尖长均显著减少,分别减少 37.9%和 9.0%。在母本果穗子粒生理成熟期、完熟

期,硒肥处理组的穗行数、行粒数、穗长、穗粗均较对照组影响不明显。在两次调查时期,在母本果穗子粒生理成熟期,硒肥处理组出籽率显著升高,比对照组提升 4.1%。在母本果穗子粒完熟期时,硒肥处理组较对照组玉米百粒重显著增加,比对照增加 3.5%。在母本果穗子粒生理成熟期时,硒肥处理组的产量较对照组有增加趋势,增产率为 2.14%,在母本果穗子粒完熟期时,硒肥处理组与对照组的产量几乎无差异。

2.4 喷施硒肥对 3 种基因型玉米子粒硒含量的影响

不同基因型玉米喷施硒肥,玉米子粒中硒含量差异显著(表 2)。对照组中玉米子粒内均不含硒元

表 2 喷施硒肥对 3 种熟期玉米品种硒含量的影响
Table 2 Effects of selenium fertilizer application on selenium content of three maize varieties $\mu\text{g/kg}$

品 种	种子硒含量
Cultivar	Selenium content of seed
裕单 185	45
武科 19	210
英德 77	170

素,喷施硒肥处理能够显著增加3种基因型玉米子粒硒含量。其中,中熟品种武科19子粒内硒含量最高,达到210 μg/kg;晚熟品种裕单185子粒内硒含量为45 μg/kg。

2.5 喷施硒肥对3种熟期玉米种子活力的影响

不同基因型玉米种子活力对喷施硒肥的响应存在一定差异(表3)。种子发芽势检测结果表明,喷施

硒肥能使中熟品种武科19和晚熟品种裕单185种子发芽势显著升高,比未施用硒肥分别增加7.8%和9.0%。种子发芽率检测结果表明,喷施硒肥能显著提高早熟品种英德77种子发芽率,比对照增加7.0%,中熟品种武科19和晚熟品种裕单185种子发芽率也有一定增加趋势。

表3 喷施硒肥对3种熟期玉米品种种子活力的影响
Table 3 Effects of selenium fertilizer on seed vigor of three maize varieties %

品 种 Cultivar	处 理 Treatment	种子发芽率 Seed germination rate	种子发芽势 Seed germination potential
裕单185	喷硒	91.6	85.3
	CK	85.6	78.0
武科19	喷硒	97.0	92.3
	CK	94.8	85.7
英德77	喷硒	97.4	92.3
	CK	98.0	92.7

3 结论与讨论

硒对植物的生长具有多种生理效应,适量硒能缓解胁迫对植物的损伤作用,促进植物生长发育,增强逆境下作物的抗逆能力,过量用硒则抑制植物生长^[9]。有关喷施硒对玉米产量和生物量的研究结果存在一定差异。有研究发现,在玉米大喇叭口期叶面喷施硒肥,有利于玉米鲜穗产量的增加^[10],在玉米拔节期和大喇叭口期喷施锌硒肥可显著提高其子粒产量^[11]。过量施硒会造成硒毒害,表现为抑制作物生长、降低作物产量及生物量^[12,13]。施用硒肥对作物产量构成因素和生物量无显著影响^[14]。本研究表明,叶面喷施硒肥对部分玉米产量构成因素有显著影响,主要表现为不同基因型玉米秃尖长减少、出籽率升高。喷施硒肥对各基因型玉米品种产量无影响,说明产量是多重因素共同作用的结果,施用硒肥对玉米产量增加有潜在的促进作用。

目前有很多研究报道了外源喷施有机硒肥能够显著提高玉米子粒硒含量,叶面喷施硒肥对作物子粒硒含量增加快速而有效^[15]。岳竞之^[16]等发现,叶面喷施硒液能显著提高河南农业生产中3种基因型玉米子粒中的硒含量。田文仲^[17]等研究表明,玉米抽雄期均匀喷施适当浓度硒肥,可达到富硒农产品生产要求。本研究发现,在玉米吐丝期,叶面喷施硒肥对甘肃省不同玉米基因型子粒硒含量提升有促进作用,尤其在早熟和中熟玉米品种中子粒硒含量更

高。此外,本研究还发现,喷施硒肥能显著提高不同基因型玉米种子活力。种子活力增强,能进一步影响出苗率和幼苗生长势,对植株生长发育至关重要。王淑英^[18]研究表明,植物种子硒含量增加,能显著提高玉米根系和茎叶活力指数,使主根、茎叶生长呈尖峰分布,增加了种子发芽整齐度。后续研究进一步探讨不同基因型玉米营养成分对硒肥的响应,并结合气候、土壤条件,建立规范化的硒肥施用技术体系,更好地指导生产实践。

参考文献:

[1] Lyons G H, Judson G J, Ortiz-Monasterio I, et al. Selenium in Australia: Selenium status and biofortification of wheat for better health [J]. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2005, 19(1): 75-82.

[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] Malagoli M, Schiavon M, Dall' Acqua S, et al. Effects of selenium biofortification on crop nutritional quality[J]. Frontiers in Plant Science, 2015, 6: 280.

[4] 寇思荣. 甘肃省玉米产业现状及玉米育种方向探讨[J]. 甘肃科技, 2018, 34(4): 6-8.

Kou S R. The present situation of maize industry and the direction of maize breeding in Gansu province[J]. Gansu Science and Technology, 2018, 34(4): 6-8. (in Chinese)

[5] Gupta M, Gupta S. An overview of selenium uptake, metabolism, and toxicity in plants[J]. Frontiers in Plant Science, 2017, 7: 2074.

[6] 邹成林, 翟瑞宁, 黄开健, 等. 叶面喷施硒肥对糯玉米产量、硒含量及重金属含量的影响[J]. 西南农业学, 2019, 32(4): 854-859.

- Zou C L, Zhai R N, Huang K J, et al. Effects of foliar spraying of selenium fertilizer on yield, selenium content and heavy metals content in waxy maize[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32(4): 854–859. (in Chinese)
- [7] Wang J W, Wang Z H, Mao H, et al. Increasing Se concentration in maize grain with soil–or foliar–applied selenite on the Loess Plateau in China[J]. Field Crops Research, 2013, 150: 83–90.
- [8] 贾建章, 贺金明, 卿厚明. 分光光度法测定山核桃中微量元素硒的研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2010, 20(10): 2448–2449.
- Jia J Z, He J M, Qing H M. Study on the spectrophotometric determination of selenium in walnut[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2010, 20(10): 2448–2449. (in Chinese)
- [9] Feng R, Wei C, Tu S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses[J]. Environmental and Experimental Botany, 2012, 58(3): 105–110.
- [10] 黄爱花, 黄开健, 彭 楷, 等. 叶面喷施硒肥对甜玉米子粒富硒, 重金属含量及产量的影响[J]. 南方农业学报, 2019, 50(1): 40–44.
- Huang A H, Huang K J, Peng K, et al. Effects of leaf spraying selenium fertilizer on grain selenium enrichment, heavy metal content and yield of sweet maize[J]. Journal of Southern Agriculture, 2019, 50(1): 40–44. (in Chinese)
- [11] 侯青光, 韦林汕, 卢亚妮, 等. 硒肥不同喷施时期和种类对玉米产量、品质及硒和重金属含量的影响[J]. 西南农业学报, 2021, 34(9): 1900–1906.
- Hou Q G, Wei L S, Lu Y N, et al. Effects of different application periods and types of selenium fertilizer on yield, quality, selenium and heavy metal contents of maize[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2021, 34(9): 1900–1906. (in Chinese)
- [12] 李圣男, 岳士忠, 乔玉辉, 等. 中国富硒玉米的生产与富硒效应[J]. 中国农学通报, 2014, 30(1): 6–10.
- Li S N, Yue S Z, Qiao Y H, et al. Studies on Se-enriched maize production[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(1): 6–10. (in Chinese)
- [13] Hamilton S J. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain [J]. Science of the Total Environment, 2004, 326(1–3): 1–31.
- [14] 史振声, 王 莹, 王志斌, 等. 甜玉米富硒栽培技术研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(6): 71–74.
- Shi Z S, Wang Y, Wang Z B, et al. Study on cultivated techniques of sweet corn with selenium[J]. Journal of Maize Sciences, 2007, 15(6): 71–74. (in Chinese)
- [15] 詹 昕, 赵芳芳, 高志强, 等. 喷施有机硒肥对黑糯玉米子粒硒及花青素含量的影响[J]. 山西农业科学, 2022, 50(2): 199–205.
- Zhan X, Zhao F F, Gao Z Q, et al. Effects of organic selenium fertilizer on the contents of Selenium and anthocyanin in black waxy maize[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2022, 50(2): 199–205. (in Chinese)
- [16] 岳竞之, 孙迷平, 肖兴中, 等. 叶面喷施硒液对玉米子粒硒含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(13): 144–146, 163.
- Yue J Z, Sun M P, Xiao X Z, et al. Effect of leaf spraying with selenium solution on Selenium content of maize seed[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2022, 50(13): 144–146, 163. (in Chinese)
- [17] 田文仲, 张 洁, 刘玉兰, 等. 不同时期和浓度施用硒肥对玉米产量、子粒硒含量的影响[J]. 江西农业学报, 2022, 34(9): 92–96.
- Tian W Z, Zhang J, Liu Y L, et al. Effects of selenium fertilizer application at different periods and concentrations on yield and grain selenium content of maize[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2022, 34(9): 92–96. (in Chinese)
- [18] 王淑英, 樊廷录, 程万莉, 等. 硒肥浸种对低温胁迫玉米种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 玉米科学, 2022, 30(6): 54–58.
- Wang S Y, Fan T L, Cheng W L, et al. Effects of selenium fertilization on seed germination and seedling growth of maize under low temperature stress[J]. Journal of Maize Sciences, 2022, 30(6): 54–58. (in Chinese)

(责任编辑: 姜媛媛)