

氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆生长的影响

陈 剑, 薛仁凤, 赵 阳, 葛维德*

(辽宁省农业科学院作物研究所, 沈阳 110161)

摘 要:本研究以辽红小豆2号为试材, 设计了7种含氨基酸水溶肥料与植物生长素组合, 探讨了不同组合处理对小豆生长的影响。结果表明: 壳钙镁+仙U素复合处理下的小豆茎粗、叶片数、茎秆干重、叶片干重、叶柄干重的值最高; 超能冲宝单一处理下的小豆根长、根表面积、根直径、根体积的值最大; 壳钙镁+仙U素复合处理下的小豆产量最高。

关键词: 小豆; 氨基酸; 水溶肥; 生长素; 生长

中图分类号: S521

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)03-0015-07

Effects of Combination of Amino Acid Water Soluble Fertilizers and Auxin on the Growth of Adzuki Bean

CHEN Jian, XUE Renfeng, ZHAO Yang, GE Weide*

(Crop Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract: This study used Liaohong Xiaodou 2 as experimental material, designing 7 different combinations of amino acid soluble fertilizers and auxin to discuss the effects on the growth of adzuki bean. The results showed that the values of stem diameter, number of leaves, dry weight of stem, dry weight of leaves and dry weight of petiole were the highest under the compound treatment of shell calcium magnesium and Xian U Su. The root length, root surface area, root diameter and root volume of the adzuki bean were the largest under the single treatment of Chaonengchongbao. The yield of adzuki bean was the highest under the compound treatment of Shell Calcium Magnesium and Xian U Su.

Key words: Adzuki bean; Amino acid; Water soluble fertilizer; Auxin; Growth

含氨基酸水溶肥是指以游离氨基酸为主体, 添加适量的铜、铁、锰、锌、硼、钼微量元素而制成的液体或固体水溶肥料^[1]。超能冲宝含氨基酸水肥溶液是将氮、磷、钾、微量元素与氨基酸、腐殖酸、活化剂、固氮解磷解钾强力素等多种有机成分精心整合而成的超能生物有机营养液肥。施用后可使植株生长健壮, 根系发达, 促早熟、防早衰, 明显提高品质, 增产效果显著。壳钙镁含氨基酸水溶肥料是以阿拉斯加雪蟹壳和韩国红蟹壳为原料, 经精细化工技术和生物工程技术精制而成的绿色生物肥料, 长期使用增加果实着色, 提高含糖量, 延长作物贮藏期, 显著提高作物品质, 提高作物产量。

仙U素是一种植物生长素, 能促进植物伸长

生长, 促进根、茎、芽的生长, 使幼苗和成长植株快速生长形成壮苗壮株, 增加叶、茎、株的重量。目前, 对腐殖酸含氨基酸水溶肥料、壳钙镁含氨基酸水溶肥料、仙U素植物生长素的研究较少, 特别是在小豆栽培上基本没有应用。本研究探讨了不同含氨基酸水溶肥料与植物生长素的组合对小豆生长发育及产量的影响, 旨在为3种物质在小豆生产上的大面积施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试小豆品种为辽红小豆2号, 由辽宁省农业科学院作物研究所选育并提供。供试超能冲宝含氨基酸水溶肥由山东省菏泽开发区曹州农用化学有限公司提供, 壳钙镁含氨基酸水溶肥由大连双鑫科技发展有限公司提供, 供试生长素仙U素由郟县绿源科技公司提供。

1.2 试验设计

试验于2018年5月至2018年9月在辽宁省农

收稿日期: 2020-04-10

基金项目: 国家食用豆现代农业产业技术体系项目(CARS-08-Z07)

作者简介: 陈 剑(1981-), 女, 副研究员, 硕士, 主要从事小豆栽培育种工作。

通讯作者: 葛维德, 男, 硕士, 研究员, E-mail: snowweide@163.com

业科学院旱田试验地进行。前茬作物为芝麻。试验采用随机区组设计,3次重复,设超能冲宝(F_1)、壳钙镁(F_2)、仙U素(F_3)、超能冲宝+壳钙镁(F_4)、超能冲宝+仙U素(F_5)、壳钙镁+仙U素(F_6)、超能冲宝+壳钙镁+仙U素(F_7)、不施肥(F_8 ,对照)8个肥料处理。小区行长5 m,行距0.6 m,每个处理5行区,小区面积15 m²。春播时不施底肥,各处理分别于开花期、鼓粒期各喷施1次,各肥料使用方法按照说明书规定使用。种植密度为15.0万株/hm²。2018年5月26日播种,6月7日出苗,9月22日收获。

1.3 调查项目与方法

1.3.1 干物质积累的测定

分别在小豆的开花期、结荚期、鼓粒期、成熟期取样测定植株的地上部及根干物重(105℃杀青30 min,75℃烘至恒重)。

1.3.2 根系测定

各时期取样后,以子叶节为界把植株分为地上部分和地下部分(根),将根冲洗干净,用EPSON Scanner扫描,然后用WinRHIZO分析根长、根表面积、根体积、根直径。用百分之一电子秤测定根干重。

1.3.3 考种和测产

在成熟前按小区试验的顺序,每个小区取长势一致的连续5株进行室内考种,量取株高、分枝

数、主茎节数、每株荚数、每荚粒数、粒重及百粒重,取其平均值作为考种性状值,小区按实打实的实际产量取平均值再合成每公顷产量。

1.3.4 试验数据处理方法

采用Microsoft Excel 2007进行原始数据的处理和作图,采用DPS 7.05软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆叶面积指数的影响

如图1-a、1-b所示,喷施不同叶面肥的小豆叶面积指数随着小豆生育进程的推进,均呈现出从高逐渐减低的趋势,处理 F_1 ~ F_6 和对照的叶面积指数在开花期达到最大值,在鼓粒期逐渐下降,在成熟期下降至最低。在开花期,单一处理 F_1 ~ F_3 中, F_2 的叶面积指数最大,高于 F_1 、 F_3 ,超过对照36.0%。复合处理 F_4 ~ F_7 中, F_6 的叶面积指数最大,高于 F_4 、 F_5 ,超过对照8.7%。开花期,复合处理 F_7 的叶面积指数较对照高0.3%。总体来看,开花期各处理的叶面积指数 $F_2 > F_3 > F_6 > F_5 > F_7 > F_8 > F_1 > F_4$ 。表明 F_2 叶面积指数高于 F_1 、 F_3 ; F_6 叶面积指数高于 F_4 、 F_5 ; F_2 叶面积指数高于其他处理和对照。说明 F_2 单一处理下,小豆叶面积指数的增幅效果最明显,更能有效增加作物的增产潜力。

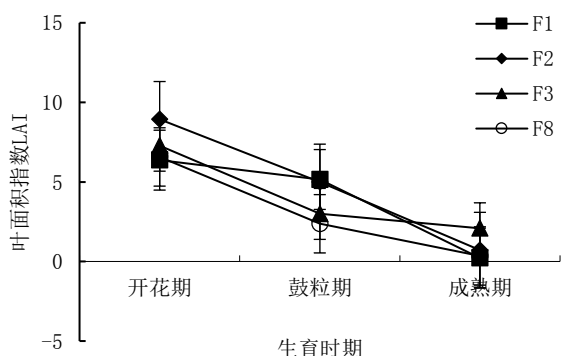


图1-a

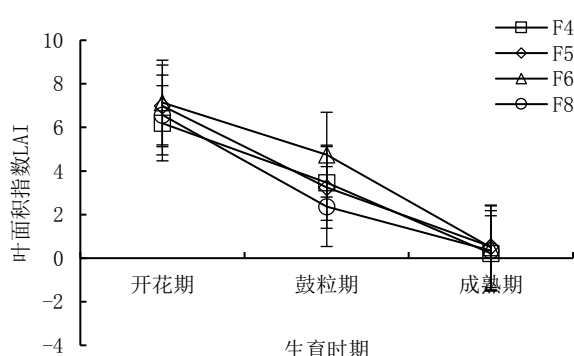


图1-b

图1 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆叶面积指数的影响

2.2 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆地上部的影响

2.2.1 茎粗

从图2-a、2-b可以看出,处理 F_1 ~ F_6 的茎粗均呈现出从开花期逐渐增大,在鼓粒期达到最大值,随后逐渐减小的趋势。单一处理 F_1 ~ F_3 在鼓粒期的茎粗为: F_2 大于 F_1 、 F_3 ,超出对照10.6%。复合处理 F_1 ~ F_7 的茎粗为: F_6 大于 F_4 、 F_5 ,超出对照20.2%;各生育时期, F_7 处理的茎粗也呈现出在鼓粒期增至最大,在成熟期逐渐减小的趋势。鼓粒期复合处理 F_7 的茎粗超

出对照3.9%。鼓粒期各处理的茎粗为: $F_6 > F_5 > F_4 > F_2 > F_3 > F_7 > F_1 > F_8$ 。可见,单一与复合处理均能不同程度地增加小豆的茎粗。在 F_6 复合处理下,小豆茎粗的增幅最大,促进了水分、营养物质在植物体内的运输,有利于植物充分地利用、贮藏养分。

2.2.2 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆叶片数的影响

如图3-a、3-b所示,处理 F_1 ~ F_6 与对照的叶片数在鼓粒期达到最大值,在成熟期降至最低。鼓粒期单一处理 F_1 ~ F_3 , F_2 的叶片数多于 F_1 、 F_3 ,超出

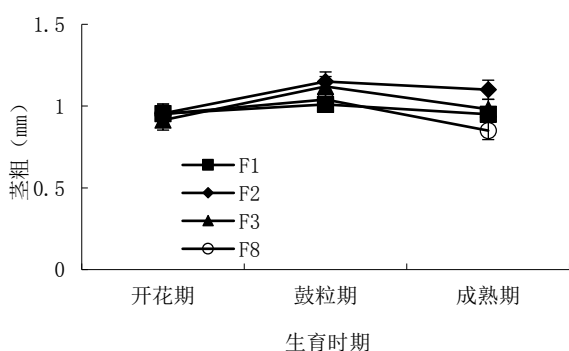


图 2-a

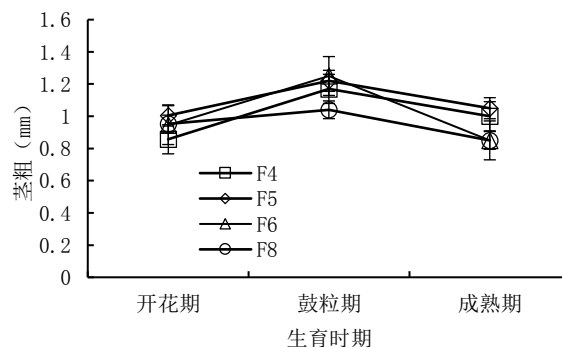


图 2-b

图 2 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆茎粗的影响

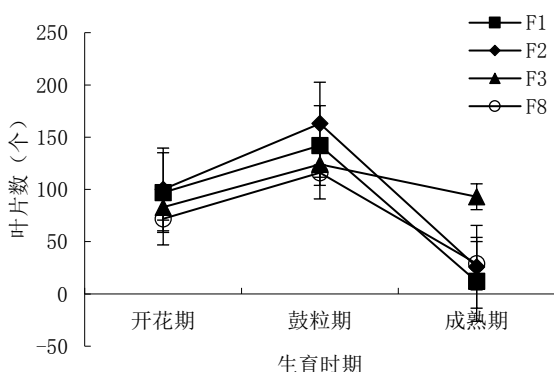


图 3-a

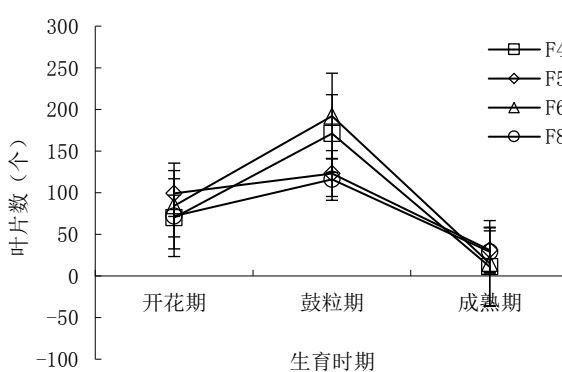


图 3-b

图 3 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆叶片数的影响

对照 40.5%。复合处理 $F_4 \sim F_7$, F_6 的叶片数多于 F_4 、 F_5 , 超出对照 65.5%; 复合处理 F_7 的叶片数超出对照 48.3%。总体来看, 鼓粒期各处理的叶片数为: $F_6 > F_7 > F_4 > F_2 > F_1 > F_3 > F_5 > F_8$ 。可见, 喷施不同含氨基酸水溶肥料与植物生长素组合处理均能不同程度地使小豆叶片数增加。在 F_6 复合处理下, 小豆叶片数最多, 较其他处理与对照的增幅最大。

2.3 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆干物质积累的影响

2.3.1 根

由图 4-a、4-b 可知, 随着小豆生长发育过程

的不断推进, 处理 $F_1 \sim F_6$ 的根干重从开花期不断增加, 至成熟期升至最高。成熟期单一处理 F_1 、 F_2 、 F_3 的根干重分别较对照高 22.7%、24.9%、16.1%, $F_2 > F_1 > F_3$ 。复合处理 F_4 、 F_5 、 F_6 的根干重分别较对照高 11.2%、6.3%、13.2%, $F_6 > F_4 > F_5$; 复合处理 F_7 的根干重较对照高 11.7%。成熟期各处理的根干重为: $F_2 > F_1 > F_3 > F_6 > F_7 > F_4 > F_5 > F_8$ 。可见, 单一处理与复合处理下的根干重均超过了对照。表明单一与复合处理均能不同程度地促进小豆根系的生长, 从而增加根的干重。

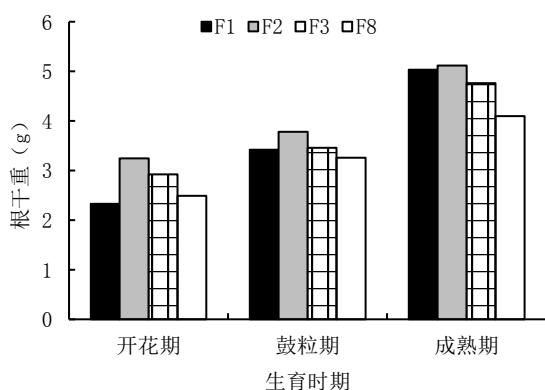


图 4-a

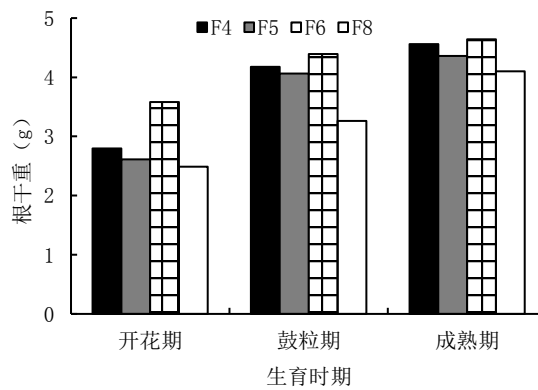


图 4-b

图 4 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆根干重的影响

2.3.2 茎秆

从图5-a、5-b可以看出,处理 $F_1 \sim F_6$ 的茎秆干重从开花期逐渐升高,在鼓粒期达到最大值,至成熟期逐渐降低。在鼓粒期, $F_1 \sim F_3$ 3个单一处理, F_1 处理的茎秆干重大于 F_2 、 F_3 处理,单一处理 F_1 、 F_2 、 F_3 的茎秆干重分别较对照多21.8%、16.6%、4.0%。复合处理 $F_4 \sim F_6$, F_6 的茎秆干重大

于 F_4 、 F_5 ,复合处理 F_4 、 F_5 、 F_6 的茎秆干重分别较对照多50.3%、46.6%、62.5%;复合处理 F_7 的茎秆干重高于对照44.3%。鼓粒期各处理的茎秆干重为: $F_6 > F_4 > F_5 > F_7 > F_1 > F_2 > F_3 > F_8$ 。可见,单一处理与复合处理下的茎秆干重均超过了对照, F_6 处理下的茎秆干重最多。表明 F_6 复合处理对小豆茎秆干重增幅最大。

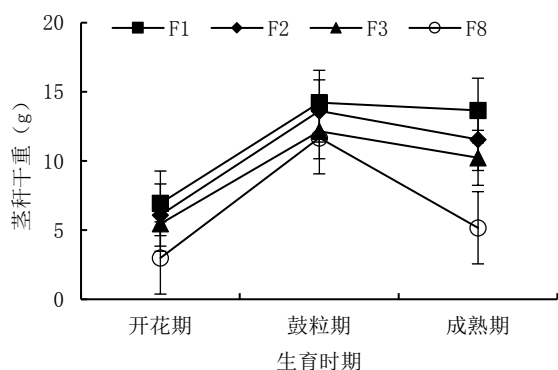


图5-a

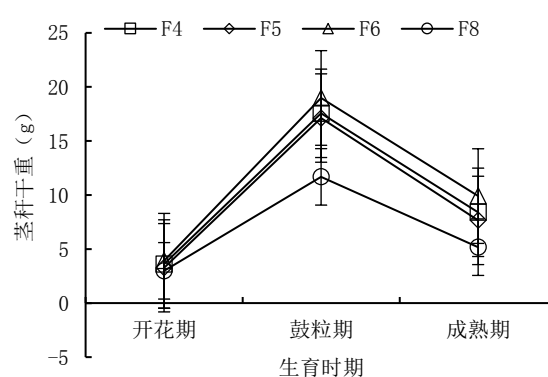


图5-b

图5 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆茎秆干重的影响

2.3.3 叶片

从图6-a、6-b可知,处理 $F_1 \sim F_6$ 的叶片干重在鼓粒期升至最大值,随后减少至最低值。单一处理 $F_1 \sim F_3$ 中, F_1 的叶片干重高于 F_2 、 F_3 ,超过对照13.7%。复合处理 $F_4 \sim F_7$ 中, F_6 的叶片干重高于 F_4 、 F_5 ,超过对

照40.2%;复合处理 F_7 的叶片干重超过对照37.9%。各处理的叶片干重为: $F_6 > F_7 > F_4 > F_5 > F_3 > F_2 > F_1 > F_8$ 。可见,单一处理与复合处理均能增加小豆叶片干重, F_6 复合处理下叶片干重增幅最大,效果好于其他处理。

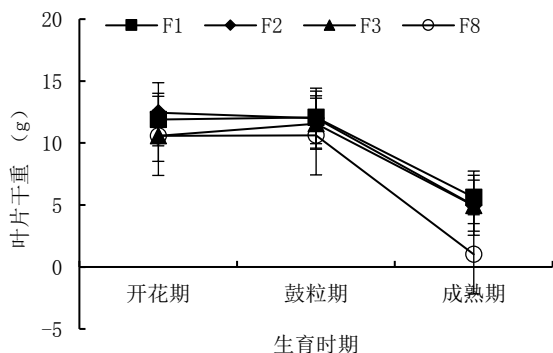


图6-a

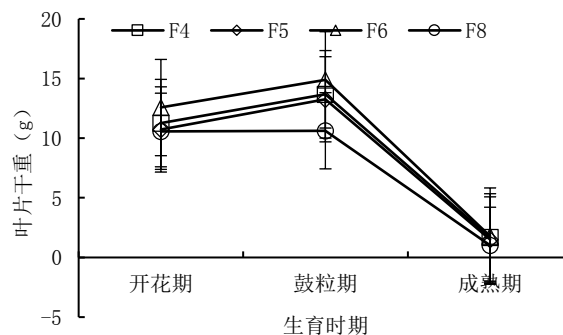


图6-b

图6 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆叶片干重的影响

2.3.4 叶柄

从图7-a、7-b可以看出,各处理的叶柄干重均在鼓粒期达到最大值,在成熟期下降至最低。其中,鼓粒期单一处理 F_1 、 F_2 、 F_3 的叶柄干重为: $F_1 > F_2 > F_3$,分别高于对照14.5%、13.2%、5.7%。复合处理 F_4 、 F_5 、 F_6 的叶柄干重为: $F_6 > F_4 > F_5$,分别高于对照32.6%、26.0%、43.6%;复合处理 F_7 的叶柄干重略高于对照,比对照多0.9%。各处理的叶柄干重为: $F_6 > F_4 > F_5 > F_1 > F_2 > F_3 > F_7 > F_8$ 。结果表明,单一处理与

复合处理下小豆叶柄干重均有所增加, F_6 复合处理下的叶柄干重增幅高于 F_1 单一处理、 F_7 复合处理增幅最大,效果最好。

2.4 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆地下的影响

2.4.1 根长

由图8-a、8-b可知,随着小豆生育进程的不断推进,处理 $F_1 \sim F_6$ 的根长也呈现出逐渐增加的趋势,在鼓粒期达到最大值,随后逐渐减少。在鼓

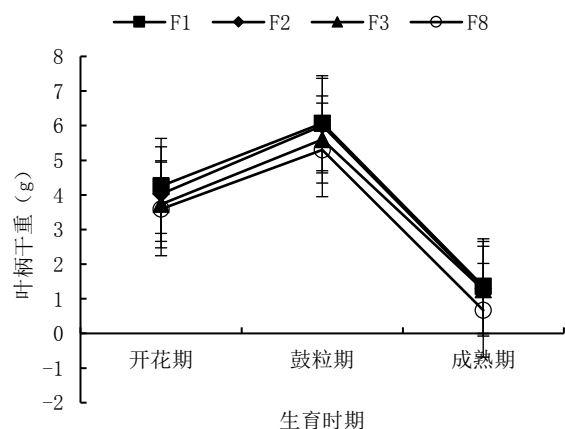


图 7-a

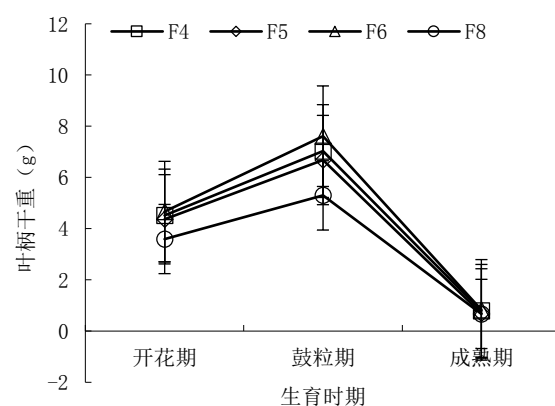


图 7-b

图 7 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆叶柄干重的影响

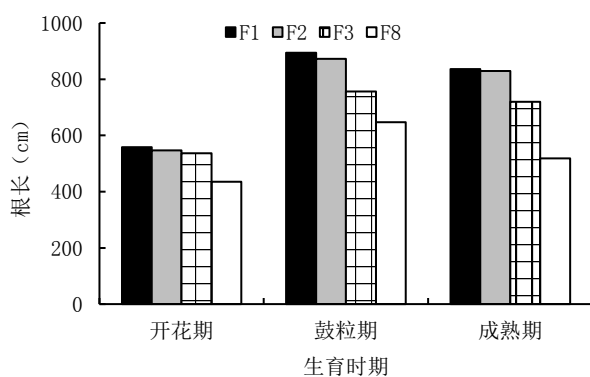


图 8-a

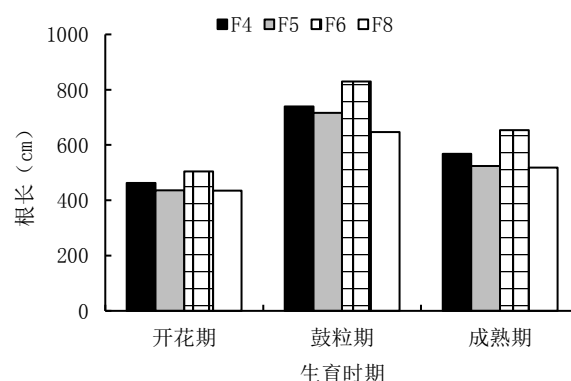


图 8-b

图 8 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆根长的影响

粒期,单一处理 $F_1 \sim F_3$ 的根长 $F_1 > F_2 > F_3$,分别较对照高38.3%、34.9%、17.0%。复合处理 $F_4 \sim F_6$ 的根长 $F_6 > F_4 > F_5$,分别较对照高14.4%、10.8%、28.3%;复合处理 F_7 的根长高于对照36.7%。各处理的根长为: $F_1 > F_7 > F_2 > F_6 > F_3 > F_4 > F_5 > F_8$ 。由此可见,各处理下的根长均有所增加,其中, F_1 处理下的根长增幅最大。表明单一处理 F_1 较其他处理更能促进根系的生长、伸长,有利于根系从土壤中吸收更多的水分、

矿物质、营养物质供植物利用,有利于增产。

2.4.2 根表面积

从图9-a、9-b可以看出,处理 $F_1 \sim F_6$ 的根表面积从开花期开始逐渐增加,至鼓粒期达到最大值,随后逐渐减低。鼓粒期各处理的根表面积为: $F_1 > F_7 > F_2 > F_6 > F_4 > F_5 > F_3 > F_8$ 。其中,单一处理 $F_1 \sim F_3$ 中, F_1 处理的根表面积明显高于其他处理 and 对照,超过对照29.2%。其次是 F_7 复合处理下的

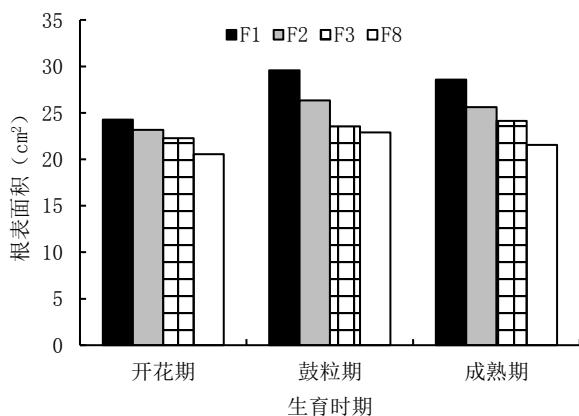


图 9-a

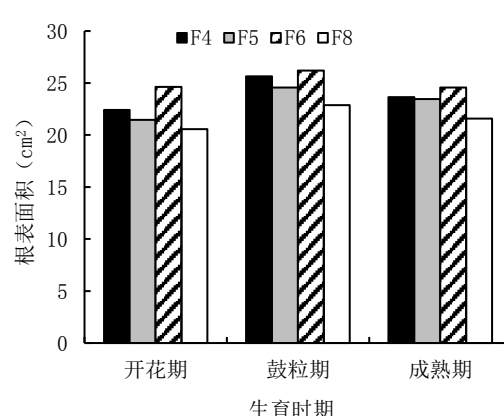


图 9-b

图 9 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆根表面积的影响

根表面积超过对照 17.5%。对照 F_8 处理的根表面积最小, F_1 处理的根表面积最大。表明 F_1 单一处理有利于增加根系与土壤的接触面积, 吸取更多的养分, 促进植物生长, 增加产量。

2.4.3 根直径

如图 10-a、10-b 所示, 各处理的根直径从开花期开始逐渐增加, 至鼓粒期达到最大值, 随后逐渐减低。鼓粒期处理 $F_1 \sim F_6$ 的根表面积为: $F_1 >$

$F_6 > F_2 > F_4 > F_7 > F_3 > F_5 > F_8$ 。单一处理 $F_1 \sim F_3$ 的根直径分别超过对照 76.2%、58.5%、15.9%。复合处理 $F_4 \sim F_6$ 下, F_6 处理的根直径大于 F_4 、 F_5 , 复合处理 $F_4 \sim F_6$ 的根直径分别超过对照 42.6%、12.3%、62.6%; F_7 复合处理下的根直径超过对照 32.6%。可见, 单一处理与复合处理均能增加小豆的根直径, 其中 F_1 单一处理的根直径最大, 有利于固着和支持地上部, 以免植物倒伏, 造成减产。

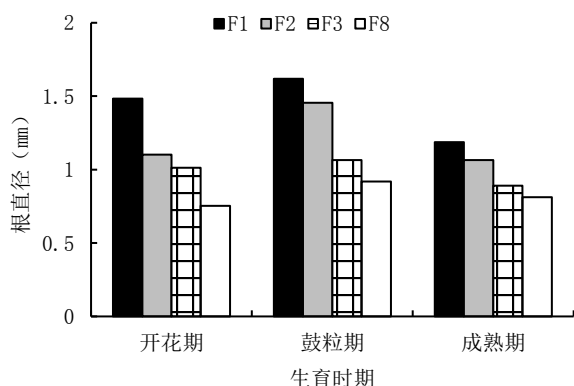


图 10-a

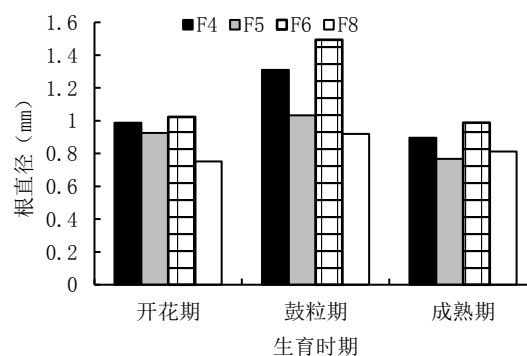


图 10-b

图 10 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆根直径的影响

2.4.4 根体积

如图 11-a、11-b 所示, 随着小豆生育进程的不断推进, 处理 $F_1 \sim F_6$ 的根体积在鼓粒期达到最大值, 然后逐渐降低。在鼓粒期, 各处理的根体积为: $F_1 > F_2 > F_3 > F_6 > F_4 > F_7 > F_5 > F_8$ 。其中, F_1 处理的根体积显著大于其他处理 and 对照, 单一处理 $F_1 \sim F_3$ 的根

体积分别高于对照 62.6%、39.8%、36.2%。复合处理 $F_4 \sim F_6$ 的根体积分别高于对照 12.7%、5.2%、33.0%; F_7 复合处理的根体积高出对照 11.8%。说明单一处理与复合处理均能加大小豆的根体积, 单一处理 F_1 的增幅最大, 效果最好。

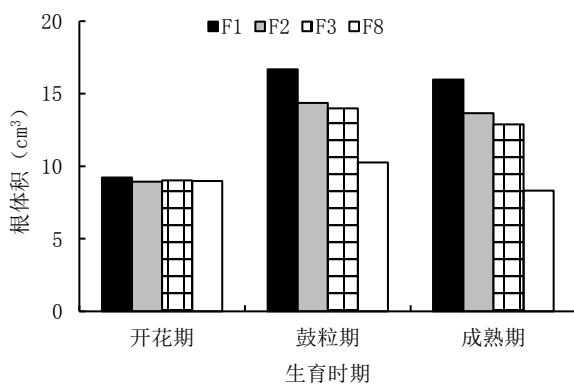


图 11-a

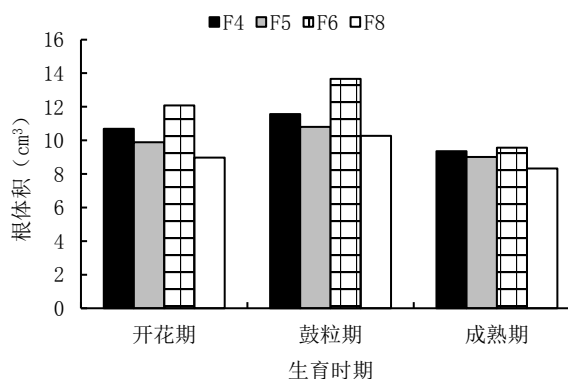


图 11-b

图 11 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆根体积的影响

2.5 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆产量及其构成要素的影响

如表 1 所示, 含氨基酸水溶肥料与植物生长素组合处理对小豆产量构成均有不同程度影响。其中, 复合处理 F_7 的株高最高, 较对照高 25.68%, 差异显著, 表明超能冲宝+壳钙镁+仙 U 素复合处

理能更大程度地增加小豆的株高; 复合处理 F_5 、 F_6 的分枝数最多, 为 5 个, 差异显著, 表明超能冲宝+仙 U 素复合处理、壳钙镁+仙 U 素复合处理能促进小豆分枝增多; 复合处理 F_4 的主茎节数最多, 为 21 节, 各处理间的主茎节数差异显著; 单一处理 F_1 的荚长最长, 各处理间的荚长无显著性差异; 复

表 1 氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆农艺性状及产量的影响

处理	株高(cm)	分枝数(个)	主茎节数(节)	单株荚数(个)	荚长(cm)	荚粒数(个)	百粒重(g)	产量(kg/hm ²)
F ₁	78.3±0.80c	4±0.26b	17±0.53d	44±0.92b	8.7±0.99a	6.8±0.70ab	11.76±0.72bc	1902.00±1.08b
F ₂	81.8±0.82b	4±0.35b	20±0.76ab	38±1.07e	7.5±0.70ab	6.4±0.72ab	11.27±0.54cd	1851.75±1.55d
F ₃	61.2±0.62g	3±0.30c	20±0.62ab	33±0.85f	7.2±0.79b	5.6±0.72bc	10.25±0.41d	1806.75±1.53f
F ₄	73.4±0.89d	4±0.26b	21±0.66a	42±0.85c	8.1±1.04ab	6.4±0.56ab	12.11±0.52abc	1891.65±1.34c
F ₅	69.0±0.66e	5±0.40a	19±0.70bc	40±1.01d	7.8±0.87ab	6.4±0.66ab	11.29±0.46cd	1842.00±0.99e
F ₆	68.5±0.66e	5±0.36a	18±0.76cd	47±0.99a	8.4±0.82ab	7.0±0.85a	12.91±0.81a	1940.70±0.82a
F ₇	83.2±0.85a	4±0.26b	19±0.79bc	39±1.08de	7.9±0.85ab	4.2±0.46d	12.47±0.60ab	1853.10±1.01d
F ₈	66.2±0.90f	3±0.26c	17±0.76d	32±1.21f	7.9±0.66ab	4.8±0.60cd	11.32±0.56cd	1787.10±1.51g

注:表中数值为3次重复“均值±标准差”;不同处理间的不同字母表示差异达到显著水平($P<0.05$)

合处理F₆的单株荚数、单荚粒数和百粒重明显超过其他处理,分别比对照高46.88%、45.83%和14.05%,各处理间的单株荚数、荚粒数和百粒重差异显著,表明壳钙镁+仙U素处理的小豆增产潜力最大。F₆复合处理的小豆产量最高,分别超过其他处理和对照2.03%、4.80%、7.41%、2.59%、5.36%、4.73%、8.59%,差异显著。其次为F₁单一处理,对照F₈处理下的小豆产量最低,各处理的产量为:F₆>F₁>F₄>F₇>F₂>F₃>F₅>F₈。表明单一处理与复合处理均能不同程度地增加小豆产量,壳钙镁+仙U素复合处理的小豆增产幅度最大,对小豆增产的效果好于其他处理。

3 结论与讨论

水溶性肥料肥效迅速,可满足作物快速生长期对营养的需求。叶片能更快地吸收喷施到叶表面的液体肥料^[2]。张亚平^[3]通过对套种大豆喷施含氨基酸水溶肥料进行肥效研究,发现在套种大豆初花期及盛花期各喷施含氨基酸水溶肥料300倍液,可使大豆增产420.0~484.5 kg/hm²,增产率13.3%~19.7%。李博赓等^[4]研究了“奥捷苗欢”和“奥捷果乐”含氨基酸水溶肥料对春植豇豆的影响,结果表明在常规施肥的基础上,喷施这两种肥料可增产275.35 kg/667 m²,增产率达15.69%。申海林等^[5]研究了氨基酸叶面肥对葡萄生长发育的影响,结果表明:设施内不同鲜食葡萄品种喷施叶面肥后,均不同程度促进了叶片内叶绿素相对含量的提高,增加了叶片干物质质量和比叶重,促进了果实发育和果实品质的提高。

本研究氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆干物质积累的影响,以F₆复合处理小豆的茎秆干重、叶片干重、叶柄干重最高。其中,F₄~F₆复合处理的根干重、茎秆干重、叶片干重和叶柄干重均以F₆复合处理的值最大,F₆>F₄>F₅;单一处理

F₁~F₃的茎秆干重、叶柄干重以F₁单一处理的值最大,F₁>F₂>F₃。

氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆根长、根表面积、根直径、根体积的影响,均以F₁单一处理的值最大。其中,单一处理F₁~F₃,均以F₁单一处理的值最大,F₁>F₂>F₃;复合处理F₄~F₆,均以F₆复合处理的值最大,F₆>F₄>F₅。

氨基酸水溶肥与植物生长素组配对小豆产量的影响,以复合处理F₆的小豆产量最高,增幅最大。单一处理F₁~F₃的小豆产量,以F₁单一处理最高,超过对照6.43%,比单一处理F₂、F₃分别高出2.71%、5.27%,即F₁>F₂>F₃;复合处理F₄~F₆的小豆产量,以F₆复合处理最高,超过对照8.59%,比复合处理F₄、F₅分别高出2.59%、5.36%,即F₆>F₄>F₅;复合处理F₇的小豆产量超过对照3.69%。总体来看,各处理下的小豆产量为:F₆>F₁>F₄>F₇>F₂>F₃>F₅>F₈。表明F₆复合处理的小豆产量最高,更能提高小豆的增产潜力。

本研究中小豆的茎粗、叶片数、茎秆干重、叶片干重、叶柄干重均以复合处理F₆的值最大;小豆根长、根表面积、根直径、根体积均以单一处理F₁的值最大;小豆的叶面积指数、叶片数则都以单一处理F₂的值最大。说明壳钙镁+仙U素复合处理能更有效地促进小豆地上部生物量的增加;超能冲宝单一处理对小豆地下部的促进作用优于其他处理;壳钙镁单一处理对小豆地上部的促进作用较其他处理效果更好。F₇复合处理的小豆产量在各处理中不是最高,可能是由于超能冲宝、壳钙镁、仙U素中的某些成分或元素之间相互排斥,因而对作物生长产生了抑制作用,产量下降。

本研究结果表明,喷施不同氨基酸水溶肥与植物生长素组配均能增加小豆地上部和地下部的生物量,提高根系活力,增强根系对养分的吸收能力,有利于小豆产量的提高。施(下转第137页)

的检测,但是选择的是具有高保守性的16S rRNA序列及高变异性的ITS序列^[18-19],而非功能基因,本研究选择了与致病性相关的*tomA*基因更能避免假阳性的出现。

本研究建立的番茄溃疡病菌LAMP可视化检测方法特异性强,灵敏度高,且操作简单,仅一台水浴锅就能进行检测。LAMP检测结果可通过肉眼观察颜色变化来判断,而不必用凝胶电泳,缩短了检测周期,比常规PCR和实时荧光PCR能更早得到反应结果。虽然PCR检测的灵敏度^[12]要高于LAMP快速检测,但PCR检测条件要求比较高,LAMP检测更快速、便捷,只需一个恒等温的环境即可,更适用于生产应用。

参考文献:

- [1] 徐佳,王春燕,张庆萍.番茄溃疡病原细菌对5种药物敏感程度的研究[J].东北农业科学,2016,41(4):86-89.
- [2] 吴俐.番茄溃疡病的发生规律及防治技术[J].安徽农学通报(下半月刊),2012(22):36.
- [3] Gitaitis R D, Beaver R W, Voloudakis A E. Detection of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* in symptomless tomato transplants[J]. Plant Disease,1991,75:834-838.
- [4] Notomi T, Okayama H, Masubuchi H, et al. Loop-mediated isothermal amplification of DNA [J]. Nucleic Acids Research,2000,28(12): 63.
- [5] 冯洁,张泉,钱森,等.肝螺杆菌LAMP快速检测方法的建立及初步应用[J].中国动物传染病学报,2019,27(4):50-55.
- [6] 陈钰,罗力涵,李莎,等.结核分枝杆菌LAMP检测方法的建立及应用[J].中国国境卫生检疫杂志,2017,40(4):242-247.

- [7] 许宗丽,黄溢泓,李志源,等.猪伪狂犬病病毒LAMP可视化检测方法的建立[J].中国动物检疫,2017,34(10):79-82.
- [8] 余艳玲,彭昊,冯世文,等.罗非鱼无乳链球菌环介导等温扩增(LAMP)检测技术的建立及应用[J].江苏农业科学,2019,47(13):200-203.
- [9] 李晓霞,贾森,金君华,等.原料乳中金黄色葡萄球菌环介导等温扩增(LAMP)检测方法的建立及应用[J].江苏农业学报,2017,33(5):1171-1175.
- [10] 王芝涵,王春伟,高海馨,等.引起玉米穗腐病的禾谷镰刀菌LAMP快速检测方法的建立[J].江苏农业学报,2019,35(3):581-585.
- [11] 黄雯,徐进,张昊,等.植物青枯菌LAMP检测方法的建立[J].中国农业科学,2016,49(11):2093-2102.
- [12] 毛芙蓉,李飞武,刘燕妮,等.番茄细菌性溃疡病菌的定性PCR检测方法[J].北方园艺,2015(5):128-131.
- [13] 闵现华,韩跃武,刘箐,等.种传番茄溃疡病菌直接PCR和免疫捕捉PCR检测方法之比较[J].植物检疫,2010,24(4):12-16.
- [14] 王念武,王婷,沈建国,等.基于锁式探针的番茄溃疡病菌实时荧光PCR快速检测[J].中国农业科学,2014,47(5):903-911.
- [15] 王欢,刘箐,刘芳,等.番茄溃疡病一步法快速超灵敏检测技术研究[J].检验检疫科学,2006(S1):35-37.
- [16] 闵现华,刘箐,韩跃武,等. Nested-PCR检测种传番茄细菌性溃疡病菌[J].西北农业学报,2011,20(7):28-31.
- [17] 周大祥,熊书. EMA-qPCR方法快速检测番茄溃疡病菌活菌研究[J].西南农业学报,2017,30(1):99-104.
- [18] 封立平,尼秀媚,魏晓棠,等.番茄溃疡病菌的环介导等温核酸扩增技术检测方法[J].食品安全质量检测学报,2013,4(4):1207-1212.
- [19] 赵赛,李建娜,周颖,等.番茄溃疡病菌LAMP快速检测方法的建立[J].河北农业大学学报,2015,38(3):19-23.

(责任编辑:王昱)

(上接第21页)用壳钙镁+仙U素复合处理的小豆产量最高,是7种氨基酸水溶肥与植物生长素组配中对辽红小豆2号增产效果最好的组合模式,为氨基酸水溶肥与植物生长素复合药剂组配在辽宁省小豆农业生产上的应用提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 王学君,董晓霞,董亮,等.含氨基酸水溶肥对盐碱地小麦产量和经济效益的影响[J].山东农业科学,2016,48(6):

78-80.

- [2] 冯先明,王保明,彭全,等.我国水溶肥的发展概况与建议[J].现代化工,2018,38(1):6-11.
- [3] 张亚平.套种大豆喷施含氨基酸水溶肥料肥效研究[J].现代农业科技,2008(9):120,122.
- [4] 李博赓,吕烈武,黄顺坚,等.氨基酸水溶肥在春植豇豆上的田间试验[J].农业研究与应用,2013(5):14-16.
- [5] 申海林,邹利人,陈蕾,等.叶面肥对设施内葡萄生长发育的影响[J].东北农业科学,2015,40(3):89-91.

(责任编辑:刘洪霞)