

尿素配施生物刺激素在棉花苗期叶面应用效果研究

刘 帅^{1, 2}, 董合林¹, 李鹏程¹, 孙 森¹, 郑苍松^{1*}

(1. 中国农业科学院棉花研究所 / 棉花生物学国家重点实验室, 河南 安阳 455000;
2. 江西省棉花研究所, 江西 九江 332105)

摘 要: 为探索尿素配施不同生物刺激素对棉花苗期生长的影响, 选择氨基酸、海藻酸、 γ -聚谷氨酸和糖蜜发酵液 4 种常见的生物刺激素, 在棉花苗期进行叶面喷施, 分析各处理对棉花苗期不同器官干物质积累、茎粗、株高、叶面积、SPAD 值的影响。结果表明, 与清水对照相比, 应用叶面肥的处理棉苗总干物质质量、茎粗、SPAD 值和叶面积均有所提高; 且配施生物刺激素处理较单施尿素对棉花苗期总干物质积累、茎围和叶片扩展的促进作用更明显, 增加比例分别在 19.94% ~ 43.56%、1.43% ~ 18.05%、13.34% ~ 50.67% 之间。不同生物刺激素促进棉苗各器官发育的能力存在差异, 其中尿素配施 γ -聚谷氨酸处理单株叶面积和干物质质量最高, 分别为 149.36 cm²/株、4.68 g/株; 尿素配施糖蜜发酵液处理棉苗茎粗、株高最高, 分别为 4.12 mm、15.75 cm。综上, 尿素配施 γ -聚谷氨酸或糖蜜发酵液在棉花苗期叶面应用效果显著。

关键词: 棉花; 生物刺激素; γ -聚谷氨酸; 糖蜜发酵液

矿质营养元素是作物生长的重要物质基础, 除根系以外, 叶片也是农作物吸收营养元素的重要部位^[1]。叶面施肥不仅能够满足农作物生长关键时期(养分临界期和最大效率期)的养分迫切需求^[2], 还能够提高作物的抗逆能力, 促进非生物胁迫下的生长发育^[3], 保障农作物的产量、品质。喷施叶面肥作为一种经济、高效的辅助施肥措施, 已成为推动现代化农业发展的重要部分之一。

生物刺激素主要包括腐殖酸类、氨基酸、海藻提取物、无机盐、微生物、聚谷氨酸等物质, 当施用生物刺激素于植物叶部或根部时, 能调节植物体内的生理过程, 有益于养分吸收和提高品质等, 且功效与其营养成分相独立^[4-5]。目前关于生物刺激素的研究, 在粮食作物、蔬菜等作物上均有报道, 王伟涛等^[6]研究发现, 施用海藻提取物可显著提高樱桃萝卜对高温胁迫的抵抗力, 同时有利于产量和品质的提升; 喷施相应的生物刺激素促进了麦苗脯氨酸、还原性糖等低温抗性代谢物的表达,

极大地提高了其对低温寒害的抵抗能力^[7]; γ -聚谷氨酸可提高菜心的根系活力, 促进菜心对养分的吸收, 对提高菜心产量具有重要作用^[8]。棉花苗期是棉花产量品质形成的基础阶段, 棉花体内氮代谢较为旺盛, 且对于养分缺乏十分敏感^[9], 及时有效地补充养分对于棉花苗期生长具有重要意义。目前关于在棉花上应用生物刺激素的报道较少, 特别是针对苗期的研究更少。因此, 本研究选用市面上常见的氨基酸、海藻酸、 γ -聚谷氨酸、糖蜜发酵液 4 种生物刺激素, 配合尿素进行叶面施用, 探究不同生物刺激素对棉花生长发育的影响, 以期明确棉花苗期施用不同生物刺激素的作用效果, 为棉花合理叶面施肥及新型肥料研发提供理论依据与实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

田间试验于 2018 年在中国农业科学院棉花研究所试验基地(河南省安阳县白壁镇, 36° 03' N、114° 29' E)进行, 试验品种为常规中熟棉花品种冀 228(河北省农林科学院棉花研究所提供), 采用直播方式, 4 月 28 日播种, 行、间距均为 0.80 m, 定植密度 52500 株/hm², 小区面积 24.32 m²。该地土壤类型为壤质潮土, 0 ~ 20 cm 耕层有机质含量为 10.5 g/kg, 全氮含量为 0.83 g/kg, 有效磷含量为

收稿日期: 2021-11-03; 录用日期: 2021-12-22

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201900); 中国农业科学院科技创新工程。

作者简介: 刘帅(1990-), 助理研究员, 硕士, 主要从事棉花栽培生理研究。E-mail: liushuai199@126.com。

通讯作者: 郑苍松, E-mail: zhengcangsong@caas.cn。

22.8 mg/kg，速效钾含量为 141.6 mg/kg。耕作制度为多年棉花连作，冬季空闲。

1.2 试验设计

试验设 6 个处理，所采用的生物刺激素种类以及用法用量分别为：F0（清水）、F1（尿素）、F2（尿素 + 氨基酸 100 mg/L）、F3（尿素 + 海藻酸 100 mg/L）、F4（尿素 + γ-聚谷氨酸 100 mg/L）、F5（尿素 + 糖蜜发酵液 100 mg/L），采用随机区组设计，3 次重复。采用叶面喷施的方式进行处理，各处理氮（以 N 计）应用浓度为 2.5 g/L，叶片正面喷施至整株叶片全部湿润，喷施 2 次，时间为 5 月 15 日（2 叶期）和 5 月 25 日（4 叶期）。

其它农艺操作及田间管理与常规大田管理一致。

1.3 调查方法与内容

于 6 月 3 日（6 叶期）进行田间调查，调查项目有株高、茎粗、SPAD 值，株高测量方法为从子叶节至顶芽间高度，茎粗测量方法为用游标卡尺测量子叶节上方约 1 cm 处茎秆直径；在每个小区选定具有代表性的 3 株棉花进行取样，测定不同器官干物质质量；将鲜叶平整放入扫描仪（中晶纷腾 9800XL）中，调整分辨率为 300 dpi 进行黑白色

叶面扫描，通过对应软件对扫描图像进行叶面积计算。采用叶绿素测定仪（SYS-SPAD-502Plus）测定 SPAD 值，测定方法：在每小区选 4 株棉花，在大小相近的倒 4 叶上进行测定，于叶片 4 个不同部位分别测定，取平均值记录。

1.4 数据处理

数据采用 SAS 9.2 分析，采用单因素方差分析和 Duncan 新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对棉花苗期干物质质量的影响

施用尿素和生物刺激素处理的棉花干物质质量均大于清水对照（表 1）。其中，根部和茎部干物质质量均为 F5 处理最大，叶部为 F4 处理最大。整株干物质质量为 F4、F5 处理较大，分别为 4.68、4.60 g。不同处理根冠比均在 0.16 ~ 0.18 之间，F1、F3、F5 处理根冠比较大，均为 0.18；与 F0 处理相比，F1 处理干物质增加量较小，仅为 7.95%，其次是 F3 处理，为 29.50%，F2、F4 和 F5 处理干物质增加量较大，均在 42.00% 以上；与 F1 处理相比，F3 处理干物质质量增加量较小，为 19.94%，F2、F4 和 F5 处理干物质质量增加较多，均在 31.00% 以上。

表 1 不同处理对棉花苗期干物质质量的影响

处理	根（g）	茎（g）	叶（g）	整株（g）	根冠比	干物质增加量（%）	
						对比 F0	对比 F1
F0	0.43 ± 0.08b	0.88 ± 0.05b	1.70 ± 0.11b	3.02	0.17		
F1	0.50 ± 0.17ab	0.93 ± 0.47ab	1.83 ± 0.91b	3.26	0.18	7.95	
F2	0.58 ± 0.18ab	1.39 ± 0.34ab	2.33 ± 0.45ab	4.30	0.16	42.38	31.90
F3	0.58 ± 0.05ab	1.21 ± 0.24ab	2.12 ± 0.22ab	3.91	0.18	29.47	19.94
F4	0.63 ± 0.06ab	1.49 ± 0.32ab	2.55 ± 0.36a	4.68	0.16	54.97	43.56
F5	0.69 ± 0.07a	1.54 ± 0.21a	2.38 ± 0.28ab	4.60	0.18	52.32	41.10

注：同列小写字母不同表示在 5% 水平上差异显著（P<0.05）。下同。

2.2 不同处理对棉花苗期茎粗和株高的影响

F0 处理茎粗低于其他处理，仅为 3.06 mm，F5 处理茎粗最大，达到 4.12 mm，F1、F2、F3、F4 处理之间差异不显著，且茎粗均在 3.49 ~ 3.78 mm 之间（图 1）。F4、F5 处理株高显著大于其他处理，分别为 14.27、15.75 cm，F0、F1、F2、F3 处理之间差异不显著，株高均在 10.18 ~ 11.25 cm 之间（图 2）。与 F0 处理相比，F5 处理茎粗和株高增长

量均最大，分别达到 34.64% 和 52.17%，F1 处理茎粗增长量最小，F1、F2、F3 处理株高增长量均较小；与 F1 处理相比，除 F0 处理外，F3 处理茎粗与株高增长量均为最小，其次是 F2 处理，F4 处理株高增长量达到 29.73%，F5 处理茎粗与株高增长量均为最大，分别达到 18.05%、43.18%（表 2）。

2.3 不同处理对棉花苗期 SPAD 值及叶面积的影响

F0、F3 处理 SPAD 值相对最小，且显著低于

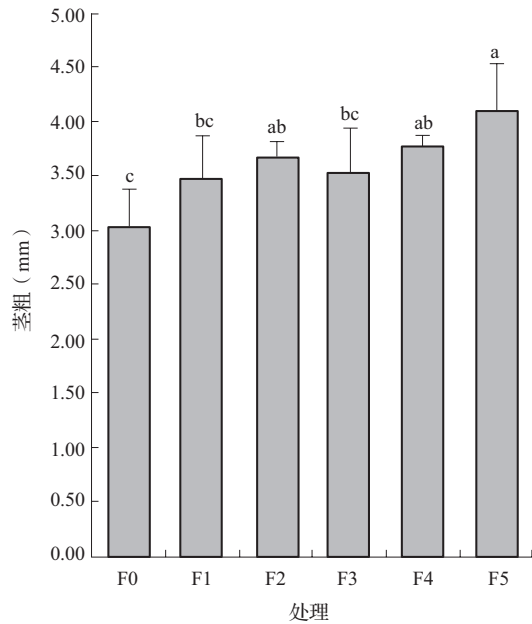


图1 不同处理对棉花苗期茎粗的影响

注：柱上小写字母不同表示在 5% 水平上差异显著 ($P<0.05$)。下同。

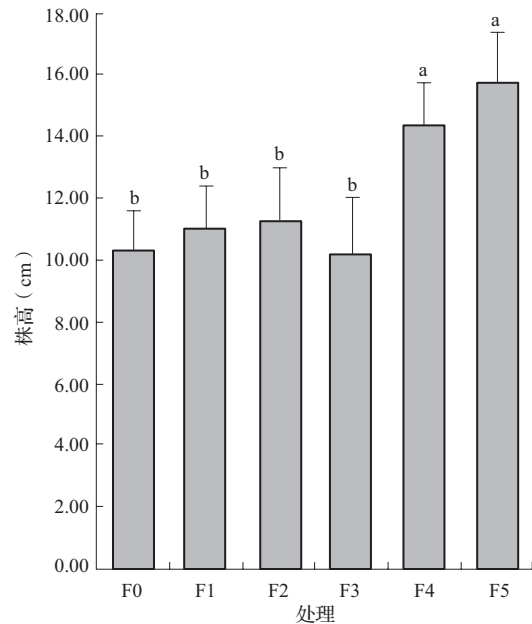


图2 不同处理对棉花苗期株高的影响

表2 不同处理对棉花苗期茎粗和株高的作用效果 (%)

处理	对比 F0		对比 F1	
	茎粗 增长量	株高 增长量	茎粗 增长量	株高 增长量
F0			-12.32	-5.91
F1	14.05	6.28		
F2	20.59	8.70	5.73	2.27
F3	15.69	-1.64	1.43	-7.45
F4	23.53	37.87	8.31	29.73
F5	34.64	52.17	18.05	43.18

F1、F2、F4 处理，分别为 42.55、43.03；而 F1、F2 和 F4 处理的 SPAD 值均在 46.00 以上（表 3）。

F4 处理叶面积显著大于 F0、F1、F3 处理，单株叶面积达到 149.36 cm²，但与其他处理（F2、F5 处理）无显著差异；与 F0 处理相比，F1 处理叶面积增长量最低，仅为 0.59%，F2、F4、F5 处理叶面积增长量较高，均在 34.00% 以上；与 F1 处理相比，添加生物刺激素的处理中，F3 处理叶面积增长量较低，仅为 13.34%，各处理叶面积增长量大小顺序为 F4>F5>F2>F3。

表3 不同处理对棉花苗期 SPAD 值及叶面积的影响

处理	SPAD 值	叶面积 (cm ²)	叶面积增长量 (%)	
			对比 F0	对比 F1
F0	42.55 ± 1.71c	98.55 ± 1.26c		-0.59
F1	49.40 ± 1.33a	99.13 ± 13.40c	0.59	
F2	46.72 ± 2.63ab	132.71 ± 24.29ab	34.66	33.87
F3	43.03 ± 1.64c	112.35 ± 12.51bc	14.00	13.34
F4	46.25 ± 2.15ab	149.36 ± 12.20a	51.56	50.67
F5	45.42 ± 2.50bc	140.55 ± 19.20ab	42.62	41.78

3 讨论

棉花作为我国重要的经济作物，其全生育期氮素需求在 200 kg/hm² 以上，除了通过适宜的肥料基追比进行氮肥运筹保障棉花生长和产量形成外，叶

面施肥也在关键生育时期被应用^[10]。研究表明叶面喷施尿素能够促进棉花苗期叶片生长和干物质积累^[11]，本研究结果表明，相对于清水处理，叶面喷施尿素能够显著提高叶片 SPAD 值，且棉苗干物质质量、株高、茎粗均有一定增加。此外还发现，在

以尿素为基液的叶面肥中添加生物刺激素能够进一步促进棉苗生长。

由于生物刺激素来源和自身特性的差异, 尿素配施不同生物刺激素在棉花叶面喷施的效果也表现出差异, 以 γ -聚谷氨酸和糖蜜发酵液综合效果更优。 γ -聚谷氨酸具有优良的亲水性和保水能力, 有利于提高肥料的溶解率和运输能力^[12], 此外, γ -聚谷氨酸为生物可降解的高分子材料^[13], 同时具有对环境无毒、对作物无害等优点^[14], 是一种良好的配合肥料使用的生物刺激素种类。刁倩等^[15]研究发现, 施用 γ -聚谷氨酸对水稻、玉米、大豆的生长及产量均有一定的促进作用; 也有研究证明, γ -聚谷氨酸对小油菜的干物质量、株高和茎粗等均有提高作用^[16]。本研究进一步发现, 尿素配施 γ -聚谷氨酸对棉苗叶片的扩展、SPAD 值和叶片干物质量均有明显的靶向效果。糖蜜发酵液为一种褐色浓缩液体原料, 含有丰富的氮、磷以及多种微量元素, 同时具有生物活性, 常用作畜禽饲料添加成分^[17]。韦绍龙等^[18]研究发现, 糖蜜发酵液可以明显提高香蕉的单果重、果指长度和单株产量等。本研究将糖蜜发酵液作为叶面肥添加成分使用, 也发现其具有良好的肥料增效效果, 特别是能够显著促进棉株茎秆的生长。

目前市售有效成分含量 20% 的 γ -聚谷氨酸原料价格约为 45 元/kg, 有效成分含量 95% 的糖蜜发酵液约为 1.2 元/kg, 棉花苗期应用量较小, 本研究中苗期每次施用量分别仅为 16.35、15.75 g/hm², 整体应用成本较低, 不会带给农户过高的投入压力, 具有较强的推广前景。未来在新型肥料研发中, 可以考虑将作用效果不同的生物刺激素进行复配, 再与化学肥料相混合, 进而达到协同增效的技术效果。

4 结论

配施生物刺激素能够进一步提升尿素在棉花苗期叶面喷施的作用效果, 且在棉花苗期, γ -聚谷氨酸和糖蜜发酵液是较为理想的叶面肥配施物质, 对于棉花生长和干物质积累具有较好的促进作用, 生产中可依据棉花苗期长势进行适当的施用, 以达到壮苗的作用。

参考文献:

- [1] Peuke A D, Jeschke W D, Dietz K J, et al. Foliar application of nitrate or ammonium as sole nitrogen supply in *Ricinus communis* I. Carbon and nitrogen uptake and inflows [J]. New Phytologist, 1998, 138: 675-687.
- [2] 李燕婷, 李秀英, 肖艳, 等. 叶面肥的营养机理及应用研究进展 [J]. 中国农业科学, 2009, 42 (1): 162-172.
- [3] Mahajan M, Sharma S, Kumar P, et al. Foliar application of KNO₃ modulates the biomass yield, nutrient uptake and accumulation of secondary metabolites of *Stevia rebaudiana* under saline conditions [J]. Industrial Crops and Productions, 2020, 145: 112102.
- [4] Patrick D J. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation [J]. Scientia Horticulturae, 2015, 196: 3-14.
- [5] 王学江, 李峰, 张志凯. 植物用生物刺激素的研究进展 [J]. 磷肥与复肥, 2021, 36 (5): 21-26.
- [6] 王伟涛, 贾春花, 张林琳, 等. 海藻提取物缓解高温对樱桃萝卜胁迫效应的研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2022 (1): 188-193.
- [7] 王梦雨, 王文霞, 赵小明, 等. 壳寡糖对低温胁迫下小麦幼苗的保护作用及相关代谢产物的影响 [J]. 麦类作物学报, 2016, 36 (5): 653-658.
- [8] 黄巧义, 唐拴虎, 李苹, 等. 包膜材料 γ -聚谷氨酸对菜心的农学效应 [J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22 (6): 1645-1654.
- [9] 中国农业科学院棉花研究所. 中国棉花栽培学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2019. 231, 773.
- [10] 李鹏程, 郑苍松, 孙森, 等. 棉花施肥技术与营养机理研究进展 [J]. 棉花学报, 2017, 29 (S1): 118-130.
- [11] 李永旗, 董合林, 李鹏程, 等. 叶施 ¹⁵N-尿素增加棉花苗期氮素吸收利用的生理生化机制研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20 (6): 1553-1559.
- [12] 张亚平, 杨庆锋, 杜迎辉. γ -聚谷氨酸在番茄上的应用效果研究 [J]. 中国果菜, 2015 (12): 23.
- [13] 张晓松, 王薇, 孟春玲, 等. 白菜施用聚谷氨酸肥料增效剂保肥效果初探 [J]. 黑龙江农业科学, 2015, 45 (10): 65-69.
- [14] 王萌, 许孝瑞. γ -聚谷氨酸在农业应用中的研究进展 [J]. 黑龙江农业科学, 2014, 31 (10): 161-163.
- [15] 刁倩, 王斌, 曹辉, 等. γ -聚谷氨酸对水稻、玉米、大豆生长及产量的影响 [J]. 南方农业, 2020, 14 (28): 48-52.
- [16] 揣峻峰, 杜迎辉, 庄钟娟. γ -聚谷氨酸增效尿素在小油菜上的应用效果 [J]. 中国园艺文摘, 2015, 31 (1): 49, 80.
- [17] 吴铭兴, 吴春峰. 新型液态饲料原料——浓缩糖蜜发酵液 (CMS) 的应用 [J]. 中国畜牧兽医文摘, 2006 (4): 44.
- [18] 韦绍龙, 黄素梅, 韦莉萍, 等. 糖蜜酒精发酵液对香蕉产量、品质及土壤理化性质的影响 [J]. 南方农业学报, 2016, 47 (6): 895-900.

Application effect of foliar urea and biostimulants on cotton at seedling stage

LIU Shuai^{1, 2}, DONG He-lin¹, LI Peng-cheng¹, SUN Miao¹, ZHENG Cang-song^{1*} (1. Institute of Cotton Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences/ State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang Henan 455000; 2. Jiangxi Province Cotton Research Institute, Jiujiang Jiangxi 332105)

Abstract: In order to explore the effects of different biostimulant substances on cotton at seedling stage, 4 common biostimulant substances, including amino acid, alginic acid, γ -polyglutamic acid and molasses fermentation liquid, were selected and sprayed on cotton at seedling stage combined with the same nitrogen fertilizer (urea). The effects of different biostimulants on dry matter weight of different organs, stem diameter, plant height, leaf area and SPAD value of cotton at seedling stage were analyzed. The results showed that the whole plant dry matter weight, stem diameter, SPAD value and leaf area of cotton seedlings treated with foliar fertilizer were improved compared with water treatment. Combined application of biostimulant treatments promoted whole plant dry matter accumulation, stem girth and leaf expansion of cotton at seedling stage more obviously compared with urea treatment, and increased by 19.94% ~ 43.56%, 1.43% ~ 18.05%, 13.34% ~ 50.67%, respectively. Different biostimulants as foliar fertilizer base fluid additives at cotton seedling stage all had a certain degree of promoting effect, but γ -polyglutamic acid and molasses fermentation liquid had stronger promoting effect on dry matter, stem diameter, plant height and leaf area at cotton seedling stage. The leaf area and dry matter of per plant of urea application combined with γ -polyglutamic acid treatment were 149.36 cm²/plant and 4.68 g/plant, which were higher than those of other treatments. The stem diameter and plant height of urea application combined with molasses fermentation liquid treatment were 4.12 mm, 15.75 cm, and were higher than other treatments. Therefore, urea combined with γ -polyglutamic acid or molasses fermentation liquid have significant effect on promoting the growth of cotton seedlings.

Key words: cotton; biostimulant; γ -polyglutamic acid; molasses fermentation liquid