

4种植物生长调节剂对棉花生长发育、 光合特性及产量的影响

金嵘¹, 李进², 梁晶², 周小云², 张军高², 张雪颖¹,
曾筱凡¹, 李珊珊¹, 高文伟¹, 雷斌²

(1. 新疆农业大学农学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院核技术生物技术研究所/

农业农村部荒漠绿洲作物生理生态与耕作重点实验室/新疆作物化学调控工程技术研究中心, 乌鲁木齐 830091)

摘要:【目的】研究萘乙酸钠(NAA-Na)、6-苄氨基嘌呤(6-BA)、24-表油菜素内酯(EBR)和脱落酸(ABA)对棉花幼苗生长、叶片光合特性及籽棉产量的影响, 评价其促生增产效果。【方法】在棉花幼苗2叶期和4叶期喷施10.0 mg/L NAA-Na、2.0 mg/L 6-BA、0.2 mg/L EBR和0.5 mg/L ABA, 测定不同处理下棉花苗期株高、茎粗、叶片数、蕾数、叶片叶绿素相对含量(SPAD值)和光合参数, 收获期测定产量及其构成因素。【结果】各处理棉花株高、茎粗、叶片数和蕾数日增长量分别为(0.96~2.78) cm/d、(0.06~0.44) mm/d、(0.15~0.58)片/d和(0.14~0.86)个/d, 喷施4种植物生长调节剂后棉花株高、茎粗、叶片数和蕾数日增长量均高于CK, 喷施5 d时棉花叶片SPAD值、净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)较CK分别增加8.02%~10.99%、8.95%~16.13%、93.14%~110.17%和6.58%~19.44%, 喷施10~20 d时各处理指标间无差异。喷施植物生长调节剂对棉花收获株数和单铃重无差异, 单株成铃数和籽棉产量较CK分别增加0.53%~7.54%和0.73%~9.39%。EBR处理对棉花促生增产效果优于NAA-Na、6-BA和ABA。【结论】供试4种植物生长调节剂能不同程度促进棉花由营养生长向生殖生长转化, 增加棉花叶片SPAD值和光合特性, 通过增加单株成铃数来提高籽棉产量。EBR处理优于其他植物生长调节剂。

关键词:棉花; 植物生长调节剂; 生长发育; 光合特性; 产量

中图分类号: S562

文献标识码: A

文章编号: 1001-4330(2021)11-2035-08

0 引言

【研究意义】2019年新疆棉花种植面积为 $254.05 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 总产为 $5.002 \times 10^6 \text{ t}$, 分别占全国棉花种植面积和总产的76.0%和84.9%^[1]。常年连作造成病虫害呈现多发、频发和重发的态势, 不同生育期遭遇盐碱、低温、高温或干旱等多种逆境胁迫, 严重制约了棉花高效生产^[2-5]。化学调控技术是利用人工合成或提取的具有天然植

物激素生理活性的植物生长调节剂来调控作物生长发育进程, 促进生殖生长, 增强光合作用, 提高作物抗逆性, 增加产量及改善品质^[6-8], 与传统农艺结合, 能达到事半功倍效果和提高农药利用效率。【前人研究进展】罗树凯等^[9]研究表明, 在棉花生长期喷施5%氨基寡糖素能促进棉花株高、茎粗、真叶数等生长量。宋妮等^[10]发现喷施艾氟迪(AFD)和缩节胺(DPC)能显著增加叶片叶绿素含量, 对棉蕾开花成铃有显著促进作用。史亚

收稿日期(Received): 2021-03-27

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201900); 新疆维吾尔自治区天山创新团队计划项目(2020D14001); “天山雪松计划”项目(2020XS16)

作者简介: 金嵘(1999-), 女, 吉林舒兰人, 本科生, 研究方向为农作物化控技术与产品, (E-mail) 625829568@qq.com

通信作者: 李进(1990-), 男, 甘肃庆阳人, 副研究员, 硕士, 研究方向为农作物化控技术, (E-mail) xjnk001@163.com

雷斌(1973-), 男, 四川巴中人, 研究员, 博士, 硕士生导师, 研究方向为农药研制及作物化控技术, (E-mail) leib668@xaas.

ac.cn

辉等^[11]试验发现,氟节胺与 DPC 复配使用能优化棉花群体结构,塑造棉花株型。段鹏飞等^[12]研究发现 DPC 与 N-二乙氨基乙基己酸酯(DTA-6)复配可以增加叶绿素含量和光合速率,延长光合时间。李鹏兵等^[13-14]研究发现,棉花打顶前后喷施 α -氨基异丁酸(AIB)和硝酸银(AgNO_3)均能增加叶片 SPAD 值、现蕾数和铃数,促进同化物向生殖器官转化,此外在蕾铃期叶面喷施 30.0 mg/L 6-BA 可以增加棉花成铃数和铃重,提高籽棉产量。阿力木江·克来木等^[15]研究发现,盛花期喷施辛酸甲酯、萘乙酸钠、复硝酚钠、调环酸钙和 6-BA 等外源物质可以有效提高叶绿素含量,增加成铃数、铃重及纤维长度,辛酸甲酯效果最佳。【本研究切入点】现阶段棉花化控产品应用研究时期主要在花铃期,研究内容多为株型塑造、保花保铃及产量方面,关于苗期喷施植物生长调节剂对棉花营养生长与生殖生长、光合特性和产量的研究相对较少。研究 4 种植物生长调节剂对棉花生长发育、光合特性及产量的影响。【拟解决的关键问题】研究以萘乙酸钠(NAA-Na)、6-苄氨基嘌呤(6-BA)、24-表油菜素内酯(EBR)和脱落酸(ABA)为供试植物生长调节剂,分析 4 种植物生长调节剂对棉花苗期生长发育、叶片光合特性及籽棉产量的影响,评价其对棉花的促生增产效果,为农药减施、棉花抗逆减灾提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

供试棉花品种为新陆早 78 号,新疆金丰源种业股份有限公司提供;供试植物生长调节剂为萘乙酸钠(HPLC $\geq 95\%$)、6-苄氨基嘌呤(高纯,99%)、24-表油菜素内酯(高纯,92%)和脱落酸(精制级,99%),购于上海源叶生物科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

2020 年在新疆昌吉州玛纳斯县广东地乡苇坝村($44^{\circ}20'N$ 、 $86^{\circ}20'E$)进行。试验地前茬作物为棉花,地势平坦、肥力均匀。2019 年 10 月棉花收获后基施磷酸二铵 225 kg/hm^2 犁地,2020 年 4 月 16 日整地,施用新洋丰微生物菌肥 600 kg/hm^2

(湖北新洋丰肥业股份有限公司,成分:有效活菌数 $\geq 5.0 \times 10^8/\text{g}$,有机质 $\geq 45\%$, $N + P_2O_5 + K_2O \geq 5\%$)。4 月 20 日精量播种,机采棉模式 1 膜 6 行,4 月 27 日滴出苗水,5 月 14 日和 5 月 25 日中耕 2 次,试验区水肥栽培管理、病虫害防治与常规措施一致。

分别于棉花幼苗 2 叶期(5 月 27 日)、4 叶期(6 月 3 日)10:00 时采用背负式电动喷雾器(型号:3WBD-16 型)对棉花茎叶喷雾。植物生长调节剂处理为 NAA-Na、6-BA、EBR 和 ABA,浓度参考李进等^[16]在棉花中确定的最适浓度(10.0 mg/L NAA-Na、2.0 mg/L 6-BA、0.2 mg/L EBR 和 0.5 mg/L ABA),以清水为空白对照(CK),每个处理喷液量均为 450 L/hm^2 ,药剂处理和空白对照面积约为 0.1 hm^2 (3 膜),随机排列,重复 3 次。

1.2.2 指标测定

1.2.2.1 形态指标

每处理选取代表性 3 点,每点 10 株,挂牌标记棉花植株,于 6 月 3 日(0 d)、6 月 8 日(5 d)、6 月 13 日(10 d)和 6 月 23 日(20 d)09:00~10:00 调查记录各处理标记棉花植株的株高、茎粗、叶片数和蕾数。

1.2.2.2 叶片 SPAD 值和光合参数

每处理选取代表性 3 点,每点 5 株,挂牌标记棉花幼苗第 4 片真叶,于 6 月 3 日(0 d)、6 月 8 日(5 d)、6 月 13 日(10 d)和 6 月 23 日(20 d)10:00~11:00 采用 SPAD-502 型手持式叶绿素仪测定各处理标记棉花第 4 片真叶的 SPAD 值,每片真叶测量 10 个点,取平均值作为该叶片 SPAD 值。11:00~13:30 采用 LI-6400XT 便携式光合仪(LI-COR, USA, 使用内置红蓝光源,光强设置为 1800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)测定各处理标记棉花第 4 片真叶的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i)。

1.2.2.3 产量及其构成因素

10 月 18 日各处理选取 3 个点测产,每点用卷尺量取 2.92 m 行长(6.67 m^2),调查记录株数和有效成铃数,随机取测产点内整株棉花成铃 50 个以上,电子天平测定单铃重,计算籽棉产量。

1.3 数据处理

用 Microsoft Excel 2010 进行数据计算,SPSS

Statistics 25.0 软件进行方差分析 ($P < 0.05$), Duncan's 法进行多重比较检验, GraphPad Prism 7.0 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 喷施植物生长调节剂对棉花幼苗形态指标的影响

研究表明,各处理棉花幼苗株高、茎粗、叶片数和蕾数随生育进程呈增加趋势,喷施植物生长调节剂处理的株高、茎粗、叶片数和蕾数日增长量高于喷施清水 (CK)。各处理棉花幼苗株高增加 28.1 ~ 37.4 cm, 日增长量在 0.96 ~ 2.78 cm/d, 且 5 ~ 10 d 时日增长量均最大; 喷施 0 ~ 5 d 时除 ABA 外其他植物生长调节剂处理日增长量高于 CK, 喷施 5 ~ 10 d 时 6-BA 和 EBR 处理日增长量高于 CK, 喷施 10 ~ 20 d 时各植物生长调节剂处理日增长量均高于 CK。

各处理棉花幼苗茎粗增加 2.39 ~ 4.21 mm, 日增长量在 0.06 ~ 0.44 mm/d, 其中 NAA-Na 和

6-BA 在 0 ~ 5 d 时日增长量均最大, 而 EBR、ABA 和 CK 在 5 ~ 10 d 时日增长量均最大; 喷施 0 ~ 5 d 和 10 ~ 20 d 时除 ABA 外其他植物生长调节剂处理日增长量高于 CK, 喷施 5 ~ 10 d 时各植物生长调节剂处理日增长量均高于 CK。

各处理棉花幼苗叶片数增加 5.15 ~ 7.35 片, 日增长量在 0.15 ~ 0.58 片/d, 且 5 ~ 10 d 时日增长量均最大; 喷施 0 ~ 5 d 和 5 ~ 10 d 时除 ABA 外其他植物生长调节剂处理日增长量高于 CK, 喷施 10 ~ 20 d 时除 EBR 外其他植物生长调节剂处理日增长量高于 CK。

各处理棉花幼苗蕾数增加 8.4 ~ 12.1 个, 日增长量在 0.14 ~ 0.86 个/d, 且 10 ~ 20 d 时日增长量均最大; 喷施 0 ~ 5 d 时除 ABA 外其他植物生长调节剂处理日增长量高于 CK, 喷施 5 ~ 10 d 和 10 ~ 20 d 时各植物生长调节剂处理日增长量均高于 CK。喷施植物生长调节剂可以促进棉花生长发育, 加快棉花由营养生长向生殖生长转化。

图 1

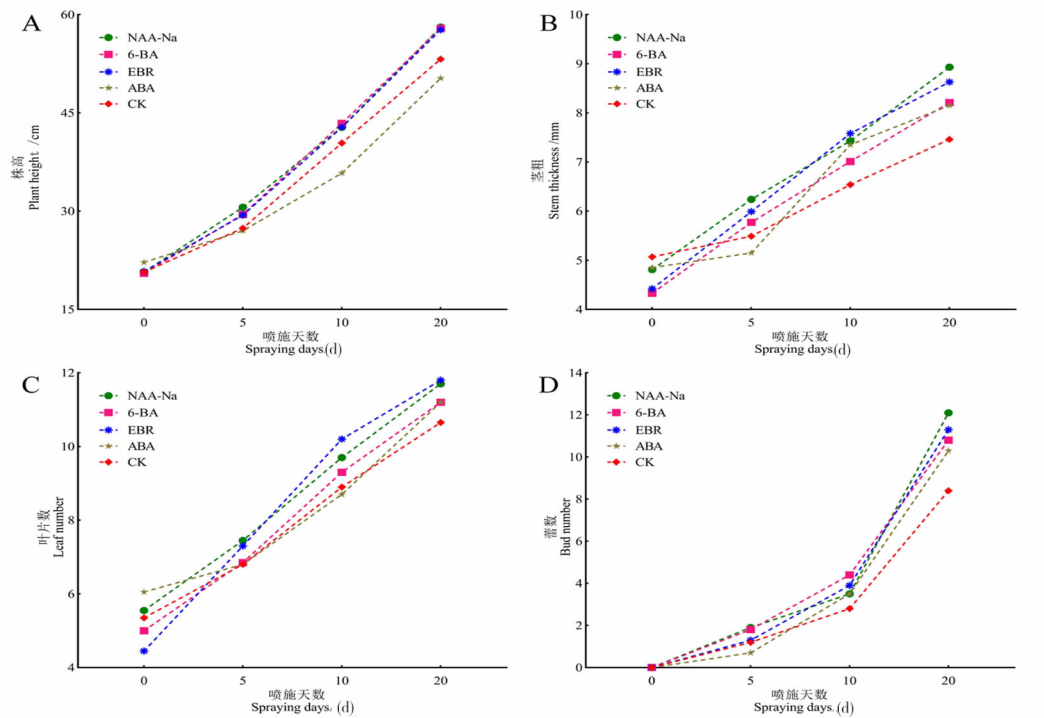
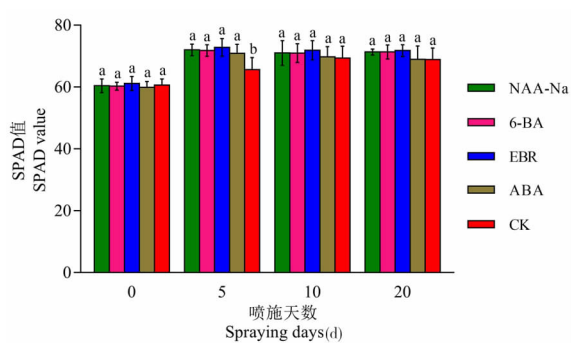


图 1 不同植物生长调节剂下棉花幼苗形态指标变化

Fig. 1 Effects of different plant growth regulators on morphological indexes of cotton seedling

2.2 喷施植物生长调节剂对棉花叶片 SPAD 值变化

研究表明,棉花叶片 SPAD 值随着生育进程呈先增加后不变趋势,在 6 月 13 日前后 SPAD 值维持在较高水平。在 6 月 3 日(喷施 0 d)时各处理棉花幼苗叶片 SPAD 值在 59.90 ~ 61.15,各处理间无显著差异;在 6 月 8 日(喷施 5 d)时各植物生长调节剂处理的棉花幼苗叶片 SPAD 值在 70.88 ~ 72.83,显著高于 CK(65.62);在 6 月 13 日(喷施 10 d)时各处理棉花幼苗叶片 SPAD 值在 69.35 ~ 71.92,各处理间无显著差异;在 6 月 23 日(喷施 20 d)时各处理棉花幼苗叶片 SPAD 值在 68.87 ~ 71.80,各处理间无显著差异。喷施植物生长调节剂可以增加棉花叶片叶绿素含量,提高叶片光合能力。图 2



注:同一天数不同处理间不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同

Note: The different letters mean significant difference in different treatment of the same day at $P < 0.05$ level. The same as below

图 2 不同植物生长调节剂下棉花叶片 SPAD 值变化

Fig. 2 Effects of different plant growth regulators on SPAD value of cotton seedling leaves

2.3 喷施植物生长调节剂对棉花幼苗叶片光合参数的影响

研究表明,喷施植物生长调节剂对棉花幼苗叶片净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)和蒸腾速率(Tr)产生一定影响。喷施 0

d 时各处理 P_n 为 19.92 ~ 22.02 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间无差异;喷施 5 d 时各处理 P_n 为 (25.35 ~ 29.44) $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,EBR 处理显著高于 CK, NAA - Na、6 - BA 和 ABA 处理与 CK 差异不显著;喷施 10 和 20 d 时各处理 P_n 为 26.20 ~ 27.55 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和 23.20 ~ 24.90 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间无差异。喷施 0 d 时各处理 G_s 为 0.359 4 ~ 0.476 0 $\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间无差异;喷施 5 d 时各处理 G_s 为 0.434 5 ~ 0.913 2 $\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,EBR 处理显著高于其他处理;喷施 10 和 20 d 时各处理 G_s 为 0.403 3 ~ 0.453 3 $\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和 0.328 8 ~ 0.428 3 $\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间无差异。

喷施 0 ~ 20 d 时各处理 C_i 在 151.3 ~ 197.6 $\mu\text{mol}/\text{mol}$,处理间均无差异。

喷施 0 d 时各处理 Tr 为 6.346 ~ 7.256 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间无差异;喷施 5 d 时各处理 Tr 为 12.91 ~ 15.42 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,EBR 处理显著高于 6 - BA 和 CK,与 NAA - Na 和 ABA 差异不显著;喷施 10 和 20 d 时各处理 Tr 为 7.023 ~ 7.778 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和 6.510 ~ 6.877 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,处理间无差异。图 3

2.4 喷施植物生长调节剂对棉花产量及其构成因素的影响

研究表明,各处理棉花收获株数在 $19.60 \times 10^4 \sim 20.20 \times 10^4$ 株/ hm^2 ,处理间无差异;各处理单株成铃数在 5.70 ~ 6.13 个,NAA - Na 和 EBR 处理显著高于 CK,较 CK 增加 6.32% ~ 7.54%,6 - BA 和 ABA 处理与 CK 无显著差异,但较 CK 增加 0.53% ~ 2.46%;各处理单铃重在 5.53 ~ 5.67 g,无显著差异,植物生长调节剂对单铃重无影响;各处理籽棉产量在 6 330.59 ~ 6 924.98 kg/hm^2 ,EBR 处理籽棉产量显著高于 CK,较 CK 增加 9.39%,NAA - Na 和 6 - BA 处理籽棉产量与 CK 有差异,但差异不显著,ABA 处理籽棉产量与 CK 无差异。植物生长调节剂通过不同程度增加棉花单株成铃数来提高籽棉产量,EBR 处理增产效果最明显。表 1

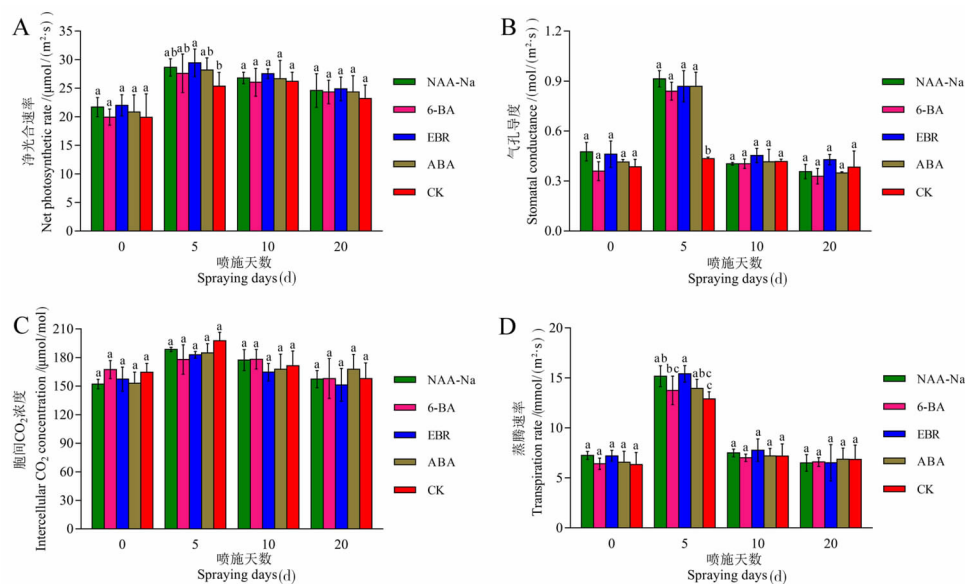


图3 不同植物生长调节剂下棉花幼苗叶片光合参数变化

Fig. 3 Effects of different plant growth regulators on photosynthetic parameters of cotton seedling leaves

表1 不同植物生长调节剂下棉花籽棉产量及其构成因素变化

Table 1 Effects of different plant growth regulators on cotton yield and its components

处理 Treatment	收获株数 Number of harvest (10 ⁴ 株/hm ²)	单株成铃数 Boll number per plant (个)	单铃重 Boll weight (g)	籽棉产量 Cotton yield (kg/hm ²)
NAA - Na	20.15 ± 0.46 ^a	6.06 ± 0.10 ^a	5.53 ± 0.06 ^a	6 756.94 ± 297.38 ^{ab}
6 - BA	19.65 ± 0.40 ^a	5.84 ± 0.05 ^b	5.61 ± 0.08 ^a	6 436.97 ± 90.01 ^{ab}
EBR	20.20 ± 0.23 ^a	6.13 ± 0.09 ^a	5.59 ± 0.07 ^a	6 924.98 ± 34.99 ^a
ABA	19.70 ± 0.96 ^a	5.73 ± 0.07 ^b	5.64 ± 0.08 ^a	6 377.09 ± 411.76 ^b
CK	19.60 ± 0.31 ^a	5.70 ± 0.12 ^b	5.67 ± 0.04 ^a	6 330.59 ± 145.20 ^b

注:表中数据为“平均数±标准差”,同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)
Note: Data in the table are average ± SD, different letters in a column mean significant difference at $P < 0.05$ level

3 讨论

农作物在生长发育过程中会遭受生物或非生物胁迫,合理使用植物生长调节剂可以达到防病促生的作用^[17-18]。在田间试验中,喷施4种植物生长调节剂后棉花株高、茎粗和叶片数日增长量高于对照,使用植物生长调节剂能促进棉花生长发育,并且喷施10 d后植物生长调节剂处理蕾数日增长量显著高于CK,EBR处理促生作用最显著,使用植物生长调节剂能促进营养生长向生殖生长转化,与SARWAR等^[6]研究结果一致。

光合作用是植物进行一切生命活动的生理代谢基础,叶片是植物光合作用的主要器官,叶绿素

含量高低可以反映植物叶片生理活性、营养状况及衰老程度^[19]。植物生长调节剂可以增加玉米叶片SPAD值^[20-21],促进大豆叶片光合速率、蒸腾速率及气孔导度^[22]。研究发现,喷施0 d时各处理间棉花幼苗叶片SPAD值无差异,而喷施5 d时植物生长调节剂处理的棉花幼苗叶片SPAD值较CK显著增加8.02%~10.99%,且喷施10 d后各处理间棉花幼苗叶片SPAD值无显著差异,喷施植物生长调节剂5~10 d内显著增加了棉花叶片叶绿素含量,进而增加叶片生理活性和光合能力,与吴琼等^[20]、周雅卓等^[21]在玉米上研究结果相同。研究还发现,喷施植物生长调节剂5 d后Pn、Gs、Tr增加,Ci无显著差异,其中EBR处理

的 Pn、Gs、Tr 显著高于 CK,这与赵黎明等^[22]研究结果一致。

光合作用是作物产量形成的基础,试验结果发现,各处理间棉花收获株数、单铃重无显著差异,而植物生长调节剂处理后单株成铃数较 CK 增加 0.53% ~ 7.54%,尤其是 NAA - Na 和 EBR 处理显著高于 CK,导致 EBR 处理籽棉产量较 CK 显著增加 9.39%,这与段鹏飞等^[12]、李鹏兵等^[13-14]研究结果一致。植物生长调节剂通过增加棉花单株成铃数来提高籽棉产量,EBR 处理增产效果最明显。

4 结论

喷施 4 种植物生长调节剂能增加棉花株高、茎粗、叶片数和蕾数日增长量,不同程度促进棉花生长发育,加速营养生长向生殖生长转化。喷施 4 种植物生长调节剂 5 ~ 10 d 时能显著增加棉花叶片 SPAD 值和光合特性,最终增加籽棉产量。EBR 处理对棉花促生增产效果优于 NAA - Na、6 - BA 和 ABA。

参考文献 (References)

- [1] 李进, 翟梦华, 于春欣, 等. 冠菌素对低温胁迫下棉花幼苗 AsA - GSH 循环的调控效应研究[J]. 棉花学报, 2020, 32(5): 381 - 391.
LI Jin, ZHAI Menghua, YU Chunxin, et al. Effect of coronatine on AsA - GSH cycle of cotton seedling under low temperature Stress[J]. *Cotton Science*, 2020, 32(5): 381 - 391.
- [2] 陈一, 高亚楠, 朱杰, 等. 新疆棉花长期连作对土壤真菌群落结构组成的影响[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(1): 80 - 86.
CHEN Yi, GAO Yanan, ZHU Jie, et al. Analysis of the fungal community in continuous cropping cotton field of Xinjiang using 18S rDNA - PCR - DGGE[J]. *Chinese Journal of Eco - Agriculture*, 2015, 23(1): 80 - 86.
- [3] 雷斌, 李进, 段留生, 等. 种衣剂对低温处理下棉花胚根及幼苗外部形态和超微结构的影响[J]. 中国农业气象, 2017, 38(4): 248 - 256.
LEI Bin, LI Jin, DUAN Liusheng, et al. Effect of seed coating agents on external morphology and ultrastructure of cotton radicles and seedlings under low temperature treatments[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2017, 38(4): 248 - 256.
- [4] 张蚌蚌, 王数, 石建初, 等. 新疆盐碱地膜下滴灌棉田可持续利用系统分析[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(11): 36 - 48.
ZHANG Bangbang, WANG Shu, SHI Jianchu, et al. Systematic analysis on saline - alkali land sustainable utilization of drip - irrigated cotton field under mulch in Xinjiang[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2017, 22(11): 36 - 48.
- [5] 刘少卿, 何守朴, 米拉吉古丽, 等. 不同棉花种质资源耐热性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(2): 214 - 221.
LIU Shaoqing, HE Shoupu, MI Lajiguli, et al. Identification for the thermotolerance of different germplasm in cotton[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14(2): 214 - 221.
- [6] SARWAR M, SALEEM M F, ULLAH N, et al. Exogenously applied growth regulators protect the cotton crop from heat - induced injury by modulating plant defense mechanism[J]. *Scientific Reports*, 2018, 8: 17086 - 17100.
- [7] FANG Sheng, GAO Kai, HU Wei, et al. Foliar and seed application of plant growth regulators affects cotton yield by altering leaf physiology and floral bud carbohydrate accumulation[J]. *Field Crops Research*, 2019, 231: 105 - 114.
- [8] MAO Lili, ZHANG Lizhen, SUN Xuezheng, et al. Use of the beta growth function to quantitatively characterize the effects of plant density and a growth regulator on growth and biomass partitioning in cotton[J]. *Field Crops Research*, 2018, 224: 28 - 36.
- [9] 罗树凯, 梁虎军, 陈婧, 等. 3 种植物生长调节剂、免疫诱抗剂对促进棉花生长的效果[J]. 中国棉花, 2016, 43(3): 24 - 26.
LUO Shukai, LIANG Hujun, CHEN Jing, et al. Promoting effect of three plant growth regulators on cotton growth in promoting root, strengthening seedlings and increasing yield[J]. *China cotton*, 2016, 43(3): 24 - 26.
- [10] 宋妮, 孙景生, 陈智芳, 等. 不同水分状况下化控对棉株蕾铃数和产量品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(2): 40 - 49.
SONG Ni, SUN Jingsheng, CHEN Zhifang, et al. Effects of AFD and DPC sprays on the growth and yield of cotton under water stress[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2015, 33(2): 40 - 49.
- [11] 史亚辉, 蔡晓户, 张玉栋, 等. 不同剂量的氟节胺与缩节胺对棉花株型结构的影响[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(4): 1979 - 1986.
SHI Yahui, CAI Xiaohu, ZHANG Yudong, et al. Effects of different doses of flumetralin and DPC on plant type structure of cotton[J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2020, 57(4): 1979 - 1986.
- [12] 段鹏飞, 赵地. DPC 与 DTA - 6 复配对棉叶衰老的生理特性、产量与品质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2018, 20(3): 104 - 114.
DUAN Pengfei, ZHAO Di. Effects of DPC and DTA - 6 on leaf senescence physiological characteristics, yield and quality[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2018, 20(3): 104 - 114.
- [13] 李鹏兵, 文明, 王乐, 等. 叶面喷施 6 - BA 对棉花蕾铃形成及产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(5): 864 -

- 872.
- LI Pengbing, WEN Ming, WANG Le, et al. Effects of foliar spraying of 6-BA on the formation of bud, boll and yield of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2019, 56(5): 864–872.
- [14] 李鹏兵, 路茜, 李明华, 等. 乙烯抑制剂对棉花生长发育及产量形成的影响[J]. *新疆农业科学*, 2020, 57(6): 1009–1017.
- LI Pengbing, LU Xi, LI Minghua, et al. Effects of ethylene inhibitors on cotton growth and yield formation[J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2020, 57(6): 1009–1017.
- [15] 阿力木江·克来木, 赵强, 占东霞, 等. 不同外源物质对化学封顶棉花生物量及产量品质的影响[J]. *新疆农业科学*, 2019, 56(3): 411–421.
- Alimujiang Kelaimu, ZHAO Qiang, ZHAN Dongxia, et al. Effects of different exogenous substances on biomass, yield and quality of chemically capped cotton [J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2019, 56(3): 411–421.
- [16] 李进, 张军高, 刘梦丽, 等. 4 种外源物质对低温胁迫下棉花 (*Gossypium hirsutum*) 幼苗的缓解效应分析[J]. *分子植物育种*, 2019, 17(17): 5792–5800.
- LI Jin, ZHANG Jungao, LIU Mengli, et al. Mitigation effect analysis of four exogenous substances on *Gossypium hirsutum* seedlings under low temperature stress [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2019, 17(17): 5792–5800.
- [17] 陈永快, 王涛, 廖水兰, 等. 逆境及生长调节剂对作物抗逆性的影响综述[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(23): 68–72.
- CHEN Yongkuai, WANG Tao, LIAO Shuilan, et al. A review of the effects of stress and growth regulators on crop resistance[J]. *Jiangsu Agricultural Science*, 2019, 47(23): 68–72.
- [18] 邢宇俊, 陈黎明, 孟东峰, 等. 新型植物生长调节剂 0.02% 二氢叶吩铁可溶粉剂对葡萄生长增产效果的初探[J]. *农药*, 2020, 59(12): 933–936.
- XING Yujun, CHEN Liming, MENG Dongfeng, et al. Effect of a new plant growth regulator iron chlorin 0.02% soluble powder on the growth and yield of grape [J]. *Agrochemicals*, 2020, 59(12): 933–936.
- [19] CROXDALE J G, OMASA K. Chlorophyll a fluorescence and carbon assimilation in developing leaves of Light-Grown cucumber [J]. *Plant Physiology*, 1990, 93(3): 1078–1082.
- [20] 吴琼, 丁凯鑫, 余明龙, 等. 新型植物生长调节剂 B2 对玉米光合荧光特性及产量的影响[J]. *作物杂志*, 2020, 36(5): 174–181.
- WU Qiong, DING Kaixin, YU Minglong, et al. Effects of new plant growth regulator B2 on photosynthetic fluorescence characteristics and yield of maize [J]. *Crops*, 2020, 36(5): 174–181.
- [21] 周雅卓, 赵鑫, 梁烜赫, 等. 低温胁迫下植物生长调节剂对玉米苗期光合及主要生理特性的影响[J]. *延边大学农学学报*, 2018, 40(1): 1–7, 13.
- ZHOU Yazhuo, ZHAO Xin, LIANG Xuanhe, et al. Effects of plant growth regulators on photosynthesis and major physiological properties of maize seedlings under cold stress [J]. *Agricultural Science Journal of Yanbian University*, 2018, 40(1): 1–7, 13.
- [22] 赵黎明, 李建英, 张志刚, 等. 不同植物生长调节剂对大豆光合及产量特性的影响[J]. *浙江农业学报*, 2009, 21(3): 255–258.
- ZHAO Liming, LI Jianying, ZHANG Zhigang, et al. Effects of different plant growth regulators (PGRs) on photosynthetic characteristics and yield in soybean [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2009, 21(3): 255–258.

Effects of Four Plant Growth Regulators on Growth and Development, Photosynthetic Characteristics and Yield of Cotton

JIN Rong¹, LI Jin², LIANG Jing², ZHOU Xiaoyun², ZHANG Jungao², ZHANG Xueying¹,

ZENG Xiaofan¹, LI Shanshan¹, GAO Wenwei¹, LEI Bin²

(1. College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Institute of Nuclear Technology and Biotechnology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Eco-physiology and Farming System in Desert Oasis Region, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/ Xinjiang Crop Chemical Control Engineering Technology Research Center, Urumqi 830091, China)

Abstract: **[Objective]** This experiment was conducted to study and evaluate the effects of NAA - Na, 6 - BA, EBR and ABA on cotton growth, leaf photosynthetic characteristics and yield. **[Methods]** NAA - Na (10.0 mg/L), 6 - BA (2.0 mg/L), EBR (0.2 mg/L) and ABA (0.5 mg/L) were sprayed when cotton seedlings grew to two - leaf and four - leaf stage, plant height, stem diameter, leaf number, bud number, SPAD value, photosynthetic parameters, were determined during the seedling period, yield and its components were determined during the harvest period. **[Results]** After spraying the four plant growth regulators, the daily average growth of plant height, stem diameter, leaf number and bud number in each treatment were 0.96 - 2.78 cm/d, 0.06 - 0.44 mm/d, 0.15 - 0.58 slices/d and 0.14 - 0.86 pieces/d, respectively, which were higher than that in the control treatment; SPAD value, net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs) and transpiration rate (Tr) of leaves were respectively increased by 8.02% - 10.99%, 8.95% - 16.13%, 93.14% - 110.17% and 6.58% - 19.44% compared with CK at 5 d. Spraying plant growth regulators had no significant differences on the number of harvested cotton plants and boll weight, while compared with CK, the boll number and seed cotton yield per plant were increased by 0.53% - 7.54% and 0.73% - 9.39%, respectively. EBR treatment was superior to NAA - Na, 6 - BA and ABA treatment in promoting growth and yield of cotton. **[Conclusion]** The tested four plant growth regulators could promote the transformation of vegetative growth to reproductive growth, increase the SPAD value and photosynthetic characteristics of cotton leaves, and increase the seed cotton yield by increasing the boll number per plant. EBR treatment was superior to other plant growth regulators.

Key words: cotton; plant growth regulator; growth and development; photosynthetic characteristics; yield

Fund project: National Key R & D Program Project (2017YFD0201900); Tianshan Innovation Team Project of Xinjiang Uygur Autonomous Region (2020D14001); Tianshan Cedar Program Project (2020XS16)

Correspondence author: LI Jin (1990 -), male, Gansu Qingyang County, Associate Researcher, Master, Research direction: crop chemical regulation technology, (E - mail) xjnky001@163.com

LEI Bin (1973 -), male, Sichuan Bazhong County, Researcher, Ph. D., Research direction: pesticide research and crop chemical regulation technology, (E - mail) leib668@xaas.ac.cn