

不同水分状况下化控对棉株蕾铃数和产量品质的影响

宋 妮^{1,2}, 孙景生^{1,2}, 陈智芳^{1,2}, 强小嫚^{1,2}, 刘祖贵^{1,2}

(1. 中国农业科学院农田灌溉研究所, 河南 新乡 453002; 2. 农业部作物需水与调控重点开放实验室, 河南 新乡 453002)

摘 要: 采用桶栽试验, 研究不同水分状况下喷施 2 种植物生长调节剂——艾氟迪(AFD)和缩节胺(DPC)对棉花蕾铃数量、叶片叶绿素相对含量、籽棉产量、纤维品质的影响。结果表明, 在本试验条件下, 土壤含水量的高低是决定籽棉产量的重要因素, 水分高则产量高。喷施调节剂后棉株叶绿素含量明显高于未喷施处理。喷施 DPC 对棉株蕾铃生长影响较小, 土壤含水量较高时喷施 DPC 可使棉花增产, 但纤维品质下降。喷施 AFD 对棉株蕾铃生长影响较大, 使棉蕾铃数在生育期内的变化从大幅升降趋势变为先升后降的平缓趋势或缓慢上升趋势, 对棉蕾开花成铃有显著促进作用, 但抑制了新蕾生成, 使得伏前桃产量明显增加, 秋桃产量大幅下降, 导致籽棉产量减少, 棉花纤维品质略微改善。

关键词: 艾氟迪(AFD); 缩节胺(DPC); 棉花; 蕾花铃数; 产量; 纤维品质

中图分类号: S562.048 **文献标志码:** A

Effects of AFD and DPC sprays on the growth and yield of cotton under water stress

SONG Ni^{1,2}, SUN Jing-sheng^{1,2}, CHEN Zhi-fang^{1,2}, QIANG Xiao-man^{1,2}, LIU Zu-gui^{1,2}

(1. Farmland Irrigation Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang, He'nan 453002, China;

2. Key Laboratory for Crop Water Use and Regulation, Ministry of Agriculture, Xinxiang, He'nan 453002, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to study the effects of two plant growth regulators (AFD and DPC) on the bud – boll number, leaf chlorophyll content, seed – cotton yield and fiber quality of cotton. The results showed that soil water content was an important factor to determine the yield of cotton, the higher, the more. After spraying plant growth regulators, the chlorophyll content of cotton plant was higher than that with no sprays. DPC spray had little influence on bud and boll growth of cotton plant, but it made cotton yield increased and fiber quality decreased under high soil water condition. Spraying AFD resulted in a great influence on bud and boll growth of cotton plant. The changes of bud – boll number tended to gently enlarge first and then become diminished or gradually keep increasing. Spraying AFD had a significantly promoting effect on formation of bolls but an inhibitory effect on the appearance of new buds. This led to the yield of pre – summer bolls to be increased significantly and the yield of autumn bolls to be decreased greatly, consequently causing seed cotton yield decreased and fiber quality improved a little.

Keywords: AFD; DPC; cotton; bud flower boll number; yield; fiber quality

棉花是我国重要的经济作物之一, 蕾铃脱落是棉花的一个生物学特性, 一般蕾铃脱落率占总果节数的 70%, 而成铃仅占总果节的 30% 上下^[1]。引起蕾铃大量脱落的原因除病虫害危害、水分胁迫、光照不足等因素外, 主要是同化物的源、库、流关系不协调, 要解决该问题, 并达到棉花高产稳产, 生产中常依赖于化学调控^[2]。生长调节剂种类较多, 一般有缩节胺、生长素、赤霉素^[3]、6 – BA、ABA^[4]等, 其中缩节胺(DPC)是应用最广泛的植物生长调节剂, 长江流域^[5]、黄河流域^[6]、新疆棉区^[7]均有应用, 具有优化

收稿日期: 2014-02-10
基金项目: 现代农业棉花产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS – 18 – 19); “863”计划(2011AA100502); 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201203077)
作者简介: 宋 妮(1979—), 女, 陕西户县人, 助理研究员, 主要从事节水灌溉技术及作物生理生态研究。E-mail: ngssongni@163.com。
通信作者: 孙景生(1963—), 男, 研究员, 主要从事灌溉原理与农业高效用水技术研究。E-mail: jhsun623@163.com。

冠层结构及增加产量等作用^[8-9],已成为棉花高产栽培技术中一项不可缺少的关键措施,黄河流域棉区普遍应用缩节胺。艾氟迪(AFD)是中国农业科学院棉花研究所研制的一种新型的棉花花芽分化促进剂,对减少落蕾、落花和落铃作用显著。

目前对缩节胺的研究主要集中于对棉花生长发育^[10]、生理生化^[11-12]、产量品质^[5]等方面的影响,对棉株蕾花铃数的影响研究较少。而对艾氟迪的研究目前主要为应用试验阶段,众多学者在各地的应用试验表明,合理的喷施时期、次数、浓度可增加棉花产量^[13-15],盐碱地喷施增产效果不明显^[16];对不同水分状况下喷施生长调节剂效果和喷施生长调节剂后,棉株蕾花铃数变化趋势鲜有报道,本试验希望通过分析喷施艾氟迪后棉株蕾花铃数的变化趋势为艾氟迪的用量提供参考。通过喷施缩节胺和艾氟迪两种植物生长调节剂对桶栽棉花蕾花铃数和产量品质的对比研究,以期选择适合黄河流域棉花生长的最优调节剂,为黄河流域棉花增产提供技术支撑。

1 试验材料与方法

1.1 试验概况

试验于2013年4—10月在河南省新乡市中国农业科学院农田灌溉研究所作物需水量试验场防雨棚下的桶栽试验区进行。试验所用棉花品种为天宁2号,4月19日采用基质育苗,5月12日移栽,10月15日拔柴。试验所用铁桶尺寸为40 cm×40 cm方桶,高110 cm,上沿10 cm,土层100 cm,容重 $1.35\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,移栽前每桶施底肥18 g,全生育期不再追肥。

试验药剂:艾氟迪(AFD)为中国农业科学院棉花研究所研制,由安阳市小康农药有限公司配制。缩节胺(DPC)为96%甲哌鎓可溶性粉剂,由北京亚农金田生物科技有限公司研制。

1.2 试验设计

试验共分12个处理,每个处理重复5次,每桶种植1株,共60个铁桶。试验设计2个水分处理:棉花整个生育期分别控制土壤含水量为田间持水量的70%~100%(G)和50%~80%(D)。DPC采用常规喷施浓度, $3\text{ g}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$,兑水15 kg。AFD采用2种喷施浓度:常规喷施($70\text{ mL}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$,兑水15 kg)和稀释喷施($35\text{ mL}\cdot666.7\text{ m}^{-2}$,兑水15 kg)。对照为喷施清水(QS)处理。DPC、QS采用喷头朝下叶面喷施,AFD采用喷头朝上直线喷施棉株茎干红绿相交处。AFD喷施分别采用喷施1次(初花期)和喷施2次(初花期、盛花期),DPC、QS分别喷施1次(初花期)。12个处理分别简写为:QSG、QSD、DPCG、

DPCD、1AFD70G、1AFD70D、1AFD35G、1AFD35D、2AFD70G、2AFD70D、2AFD35G、2AFD35D。

1.3 观测项目与方法

1) 土壤含水量测定:采用无线数传式吊秤称重,田间持水量为24%,到达下限时灌溉至相应上限,称重时忽略棉株重量。

2) 蕾花铃数:分别于施药后1、3、5、7、14、21、28 d观测每株棉株蕾、花、铃数量,蕾为测量时直径3 mm以上的幼蕾,花为测量时已开花且未脱落,铃以花脱落后计数,蕾花铃总数为三者之和。

3) 叶绿素含量:选择每株棉株从上向下第4展开叶,采用TYS-A叶绿素测定仪测量,测量时根据棉花叶片形状分别选择三处测量,取其平均值。

4) 籽棉产量:分别于7月15日、8月15日对各处理棉株进行株式图调查,当棉株吐絮时,分别根据所属时期(伏前桃、伏桃、秋桃)收获采摘、晒干后称重。

5) 纤维品质:由农业部棉花品质监督检验测试中心测定。

2 结果与分析

分别于2013年7月3日(初花期)上午对各处理棉株进行施药,AFD处理2次喷施为7月8日(盛花期),并于7月4日(1次施药后1 d)、7月6日(1次施药后3 d)、7月8日(1次施药后5 d)、7月9日(2次施药后1 d)、7月10日(1次施药后7 d)、7月11日(2次施药后3 d)、7月13日(2次施药后5 d)、7月15日(2次施药后7 d)、7月17日(1次施药后14 d)、7月22日(2次施药后14 d)、7月24日(1次施药后21 d)、7月29日(2次施药后21 d)、7月31日(1次施药后28 d)、8月5日(2次施药后28 d)观测各处理蕾、花、铃数并相加得到不同时间下各处理蕾花铃总数。

2.1 施药对棉株蕾花铃总数的影响

以7月3日各处理蕾花铃总数为基点,计算施药后不同时间蕾花铃总数相对7月3日的变化率,并绘制趋势图如图1所示。

从图1可以看出,QSD和DPCD处理蕾花铃总数变化趋势相似,均随着施药后时间的推移呈先上升后下降的双峰趋势。QSD处理蕾花铃总数于施药后7 d达到最高值54.4个,施药后19 d到达最低值27.8个,施药后28 d达到二次较高值44.8个;DPCD处理蕾花铃总数于施药后8 d达到最高值56个,施药后21 d到达最低值38个,施药后26 d达到二次较高值42.6个,QSD处理蕾花铃总数变化幅度较

DPCD 处理变化大。QSG 和 DPCG 处理施药后蕾花铃总数均高于施药前,两处理蕾花铃总数变化趋势相似,均随着施药后时间的推移呈先上升后下降再上升趋势,DPCG 处理蕾花铃变化幅度相比 QSG 处理变化小。QSG 处理蕾花铃总数第 1 次峰值出现于施药后 8 d,平均 51.4 个,相比施药前增加 117.8%,随后下降,至施药后 14 d,蕾花铃总数下降至 35.4 个,相比施药前增加 50%,随后上升,直到施药后 33 d 时,蕾花铃总数达到最大值 103.4 个,相比施药前增加 338.1%。DPCG 处理蕾花铃总数第 1 次峰值出现于施药后 8 d,平均 55.75 个,相比施药前增加 99.1%,随后下降,至施药后 19 d 时,蕾花铃总数下

降至 49.75 个,相比施药前增加 77.7%,随后上升,直到施药后 33 d 时,蕾花铃总数达到最大值 88.75 个,相比施药前增加 217.0%。以上分析表明,不喷施调节剂的棉株蕾花铃总数一般于开花后 7~8 d 时到达第一次高值,随后下降,下降程度与土壤水分有关,水分充足时,蕾花铃总数小幅下降后继续上升并超越前期蕾花铃数最多值到达新的高值,上升趋势显著;水分不足时,下降幅度较大,随后虽有所上升但难于超越前期蕾花铃总数,下降趋势明显。喷施 DPC 后,棉株蕾花铃总数变化趋势与不喷施调节剂的棉株相似,蕾花铃总数的变化幅度略小于不喷施处理,对棉株蕾花铃总数影响较小。

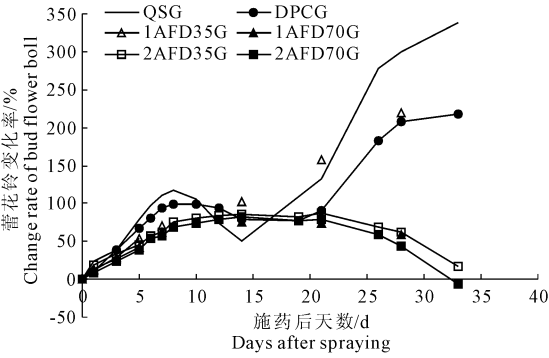
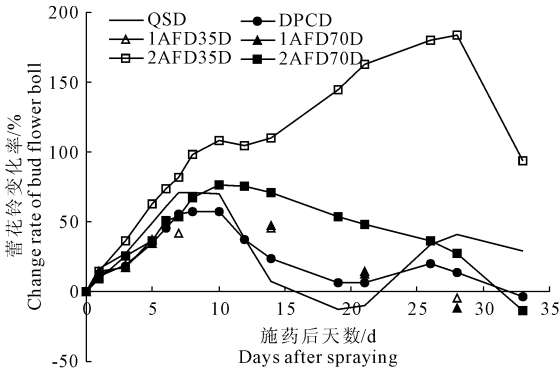


图 1 施药后各处理蕾花铃总数变化率趋势

Fig.1 The change rates in total numbers of bud flower boll after spraying plant growth regulators

1AFD35D 和 1AFD70D 处理蕾花铃总数变化趋势相似,均随着施药后时间的推移呈先上升后下降趋势,两处理蕾花铃总数分别于施药后 14、7 d 达到最高值 54 个、46.6 个,施药后 28 d 时两处理蕾花铃总数到达最低值 35.6 个、26.8 个,且均低于施药前。除施药后 7、28 d 时两处理蕾花铃变化率差异较大外,其它时期几乎无差异。与 QSD 处理相比,两处理除施药后 14、21 d 时蕾花铃总数变化率高于 QSD 处理外,其余时间均低于 QSD 处理。1AFD35G 处理蕾花铃总数随施药后时间的推移呈上升趋势,施药后 28 d 时,蕾花铃总数达到最大值 76.5 个,相比施药前增加 218.8%,1AFD70G 处理蕾花铃总数随施药后时间的推移呈先上升后下降趋势,施药后 14 d 达到最大值 64 个,而后下降,至 28 d 时为 58 个,变化趋势较缓。1AFD35G 和 1AFD70G 处理在施药后 3 d 内,蕾花铃总数变化率差异较小,均小于 2%,施药后 5 d 时,两处理蕾花铃总数变化率相差 12.4%,而后逐渐增大至施药后 28 d,两处理蕾花铃总数变化率相差达到 159.4%。与 QSG 处理相比,1AFD35G 处理除施药后 14~21 d 时蕾花铃总数变化率高于 QSG 处理外,其余时间均低于 QSG 处理;1AFD70G

处理除施药后 14 d 时蕾花铃总数变化率高于 QSG 处理外,其余时间均低于 QSG 处理。

2AFD35D 和 2AFD70D 处理蕾花铃总数变化趋势相似,均随着施药后时间的推移呈先上升后下降趋势,2AFD70D 处理蕾花铃总数于 7 月 13 日(2 次施药后 5 d)达到最大值 60.6 个,而后下降,至 8 月 5 日(2 次施药后 28 d)到达最低值 29.8 个。2AFD35D 处理蕾花铃总数变化幅度较 2AFD70D 处理变化大,于 7 月 31 日(2 次施药后 23 d)达到最大值 43.25 个,且施药后整个调查时期蕾花铃总数均高于施药前,同时,施药后整个调查时间,2AFD35D 处理蕾花铃变化率均高于 2AFD70D 处理,这可能是由于 2AFD35D 处理棉株生长迟缓,在开花初期施药时,有 3 株棉株尚未开花,施药时期相对过早,使得蕾花铃总数变化率较大,最大值出现时间推迟。与 QSD 处理相比,2AFD70D 处理除 7 月 13 日—7 月 31 日(2 次施药后 5~23 d)时蕾花铃变化率高于 QSD 处理,其余时间均低于 QSD 处理;2AFD35D 处理除 7 月 4 日时蕾花铃变化率略低于 QSD 处理,其余时间均高于 QSD 处理。2AFD35G 和 2AFD70G 处理蕾花铃总数变化趋势相似,均随着施药后时间的推移呈先上

升后下降趋势,两处理蕾花铃总数分别于 7 月 24 日(2 次施药后 16 d)、7 月 17 日(2 次施药后 9 d)达到最大值 72.4 个、80.5 个,随后下降,至 8 月 5 日(2 次施药后 28 d),分别为 45.4 个、41.75 个。施药后整个调查时间,2AFD35G 处理蕾花铃变化率均高于 2AFD70G 处理,且 2AFD35G 处理蕾花铃总数均高于施药前,2AFD70G 处理蕾花铃总数除 8 月 5 日(2 次施药后 28d)低于施药前外,其它时间均高于施药前。与 QSG 处理相比,两处理除 7 月 15 日—7 月 17 日(2 次施药后 7~9 d)蕾花铃总数变化率高于 QSG 处理外,其余时间均低于 QSG 处理。以上分析表明,喷施 AFD 对棉株蕾花铃总数变化趋势影响较大,改变了棉株蕾花铃总数原有的双峰趋势,变为先上升后下降趋势,值得注意的是,水分供应不足时,于初花期、盛花期喷施低浓度($35\text{ mL}\cdot 666.7\text{m}^{-2}$)AFD 可使蕾花铃总数大幅增加,相比施药前可增加 180%;水分供应充足时,于初花期喷施低浓度($35\text{ mL}\cdot 666.7\text{m}^{-2}$)AFD 可使棉株蕾花铃总数大幅增加,相比施药前可增加 218%。

由不同水分对比处理可见,施药后,除 2AFD35D

处理蕾花铃变化率高于 2AFD35G 处理外,其它处理均为高水分处理蕾花铃变化率高于低水分处理。其中,施药后整个调查时间,QSG、1AFD35G 处理蕾花铃总数变化率均分别高于 QSD、1AFD35D 处理;DPCG、1AFD70G 处理除施药后 1 d 时蕾花铃总数变化率分别低于 DPCD、1AFD70D 处理外,其它时间均相应高于 DPCD、1AFD70D 处理;2AFD70D 处理除 1 次施药后 3 d 内、2 次施药后 5 d 高于 2AFD70G 处理外,其余时间均为 2AFD70G 处理较高。

2.2 施药对棉株蕾、花、铃个数的影响

以 7 月 3 日各处理蕾数为基点,计算施药后不同时间蕾数相对 7 月 3 日的变化率;以 7 月 3 日各处理开花数为基点,采用不同时间开花、结铃数与 7 月 3 日开花、结铃数相减的方法计算施药后各处理花、铃数增减情况,如表 1、图 2 所示。

从表 1 可以看出,QSD、DPCD、QSG、DPCG 处理蕾数变化率趋势与同处理蕾花铃总数变化率趋势相似,QSD、DPCD 处理均随着施药后时间的推移呈先上升后下降的双峰趋势,自施药后 14 d 起,两处理蕾数均低于施药前;QSG、DPCG 处理均随着施药后时

表 1 各处理不同时间蕾数变化率和花数增减情况													
Table 1 The change rates of bud numbers and flower numbers with different treatments													
日期 Date (M-d)	项目 Item	QSD	DPCD	1AFD35D	1AFD70D	2AFD35D	2AFD70D	QSG	DPCG	1AFD35G	1AFD70G	2AFD35G	2AFD70G
07-04	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	14.8	9.9	12.4	9.6	13.8	8.2	21.7	9.4	13.8	15.7	17.3	5.8
	花数变化/个 Change of flower numbers	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	0	0.2	-0.3	-0.5	-0.4	-0.8	0
07-06	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	23.9	13.5	9.7	14.0	32.8	20.0	36.5	35.8	23.4	25.2	28.1	18.6
	花数变化/个 Change of flower numbers	0	0	0.8	0.2	-0.3	1.0	0.2	-0.5	1.0	0.2	0.6	0.5
07-08	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	41.9	27.5	26.2	26.4	58.6	28.2	76.5	64.2	48.9	48.7	36.8	30.2
	花数变化/个 Change of flower numbers	0.2	-0.6	0	0.6	-0.5	0.8	-0.2	-0.8	-0.5	-0.2	0.4	0.8
07-09	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	51.0	36.3			70.7	41.8	93.9	75.5			47.0	43.0
	花数变化/个 Change of flower numbers	0.8	0.2			-0.8	0.6	0.2	-0.3			0.4	0.3

续表 1

日期 Date (M - d)	项目 Item	QSD	DPCD	1AFD35D	1AFD70D	2AFD35D	2AFD70D	QSG	DPCG	1AFD35G	1AFD70G	2AFD35G	2AFD70G
07 - 10	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	58.7	43.3	37.2	25.8	77.6	40.0	105.2	88.7	63.8	66.1	49.2	42.4
	花数变化/个 Change of flower numbers	1.2	1.4	0.6	1.6	-0.5	1.4	0.6	0.3	0	0.2	0.8	1.8
07 - 11	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	54.8	41.5			91.4	50.6	111.3	91.5			57.8	51.2
	花数变化/个 Change of flower numbers	1.2	1.6			0	1.8	0.4	0			1.4	2.3
07 - 13	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	43.9	36.8			98.3	54.1	93.9	85.8			57.3	50.6
	花数变化/个 Change of flower numbers	2.2	0.6			-0.3	1.6	0.8	0.5			1.2	1.8
07 - 15	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	7.1	8.2			91.4	47.6	54.8	77.4			56.8	50.0
	花数变化/个 Change of flower numbers	1.0	1.8			0	2.0	1.2	0			0.6	1.5
07 - 17	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	-29.0	-7.6	11.0	9.6	87.9	36.5	26.1	58.5	91.5	86.1	52.4	47.7
	花数变化/个 Change of flower numbers	2.0	0.2	1.2	1.8	0.8	1.6	0.6	0	0.5	0.8	0.6	1.8
07 - 22	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	-41.9	-33.3			106.9	14.1	84.4	41.5			36.2	29.1
	花数变化/个 Change of flower numbers	0.6	1.4			0.5	1.8	0.4	1.5			1.6	2.3
07 - 24	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	-44.5	-33.9	-37.9	-37.6	108.6	-0.6	102.6	49.1	121.3	91.3	33.0	22.7
	花数变化/个 Change of flower numbers	0.8	0.2	1.4	2.8	1.3	2.8	1.2	1.0	2.5	2.6	1.6	2.8
07 - 29	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	-5.8	-29.2			70.7	-21.8	245.2	129.2			-1.1	-9.9
	花数变化/个 Change of flower numbers	1.2	0.6			3.0	1.8	0.4	0.5			2.0	3.5
07 - 31	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	-1.9	-39.2	-71.7	-67.4	81.0	-41.8	260.9	145.3	134.0	98.3	-16.8	-34.3
	花数变化/个 Change of flower numbers	0	2.0	1.6	2.6	1.3	5.4	2.2	2.3	5.0	4.6	3.2	7.0
08 - 05	蕾数变化率/% Change rate of bud numbers	-17.4	-50.9			-19.0	-77.6	271.3	140.6			-66.5	-79.7
	花数变化/个 Change of flower numbers	0.4	-0.6			0.8	2.0	2.8	1.0			1.8	1.0

间的推移呈先上升后下降再上升趋势,且施药后整个调查时间内,两处理蕾数均高于施药前,表明水分供应充足与否是影响棉蕾生成的重要因素。QSD、DPCD处理蕾数均于施药后7 d达到最高值,QSD处理蕾数于施药后21 d时达到最低值,随后虽略有上升,但仍低于施药前,DPCD处理蕾数于施药后26 d时略微上升,但整体仍自最高值后呈下降趋势,施药后33 d蕾数降至最低点16.8个。QSG、DPCG处理蕾数均于施药后8 d达到第1次较高值,QSG处理蕾数下降至施药后14 d达到最低值,再上升直到施药后33 d时,蕾数达到最高值85.4个,DPCD处理蕾数下降至施药后19 d达到较低值,再上升直到施药后28 d时,蕾数达到最高值65个。施药后,DPCD、DPCG处理蕾数变化幅度均低于相应QSD、QSG处理。以上分析表明,不喷施调节剂的棉蕾一般于开花后7~8 d时到达较高值,之后若水分不足,新蕾生成较少,呈下降趋势;若水分充足,棉蕾将小幅下降后继续上升并达到最高值。喷施DPC后,棉蕾变化趋势与不喷施调节剂的棉株相似,但变化幅度略缓,抑制新蕾生成。

1AFD35D、1AFD70D、1AFD35G处理蕾数变化率趋势与同处理蕾花铃总数变化趋势相似,1AFD70G处理蕾数变化率趋势与同处理蕾花铃总数变化率趋势略有差异。1AFD35D、1AFD70D处理均随着施药后时间的推移呈先上升后下降趋势,两处理分别于施药后7、5 d达到最高值,施药后28 d,两处理蕾数降至最低值;1AFD35G、1AFD70G处理蕾数变化率均随施药后时间的推移呈上升趋势,施药后28 d,相比施药前蕾数分别上升134.0%、98.3%。1AFD35D、1AFD70D处理蕾数自施药后21 d起,均低于施药前,且处理间差异较小;1AFD35G、1AFD70G处理施药后蕾数均高于施药前,两处理在施药后14 d内差异较小。分别与QSD、QSG处理相比,1AFD35D、1AFD70D、1AFD35G处理除施药后14、21 d时蕾数变化率分别高于QSD、QSG处理外,其余时间均低于QSD、QSG处理;1AFD70D处理仅施药后14 d时蕾数变化率高于QSG处理。

2AFD70D、2AFD35G、2AFD70G处理蕾数变化率趋势与同处理蕾花铃总数变化趋势相似,均随着施药后时间的推移呈先上升后下降趋势,2AFD70D处理于7月13日(2次施药后5d)达到最大值,而后下降,自7月24日(2次施药后16 d)起,蕾数低于施药前,直至8月5日(2次施药后28 d)到达最低值;2AFD35G、2AFD70G处理均于7月11日(2次施药后3 d)达到最大值,而后下降,自7月29日(2次施药

后21 d)起,蕾数低于施药前,直至8月5日(2次施药后28 d)到达最低值;2AFD35D处理蕾数变化率与同处理蕾花铃总数变化趋势稍有差异,7月24日(2次施药后16 d)蕾数变化率最大,相比施药前增加108.6%,除8月5日(2次施药后28 d)蕾数低于施药前,其余时间均高于施药前。与QSD处理相比,2AFD70D处理除7月13日-7月24日(2次施药后5~16 d)时蕾数变化率高于QSD处理外,其余时间均低于QSD处理;2AFD35D处理除7月4日(施药后1 d)、8月5日(2次施药后28 d)蕾数变化率低于QSD处理外,其余时间均高于QSD处理,施药后整个调查时间,2AFD35D处理蕾数变化率均高于2AFD70D处理。与QSG处理相比,2AFD35G处理除7月15日-17日(2次施药后7~9 d)、2AFD70G处理除7月17日(2次施药后9 d)蕾数变化率高于QSG处理,其余时间均低于QSG处理,施药后整个调查时间,2AFD35G处理蕾数变化率均高于2AFD70G处理。

根据上述分析,棉蕾个数占棉花蕾花铃总数比例较高,施药后各处理棉蕾变化趋势与棉花蕾花铃变化趋势基本相同,喷施AFD对棉蕾变化趋势影响较大,显著降低新蕾生成,不同浓度间差异较小,对新蕾的抑制作用高于喷施DPC。

对比同处理高低水分组可见,施药后整个调查时间,QSG、1AFD35G、1AFD70G处理蕾数变化率均高于相应QSD、1AFD35D、1AFD70D处理;DPCG处理蕾数变化率除施药后1 d低于DPCD处理外,其余时间均高于DPCD处理;2AFD35G处理蕾数变化率除施药后1 d高于2AFD35D处理外,其余时间均低于2AFD35D处理;2AFD70G处理蕾数变化率除1次施药后1、3 d及2次施药后5、28 d时低于2AFD70D处理外,其余时间均高于2AFD70D处理。表明水分是影响新蕾生成的一个重要因素,水分供应充足时,1次喷施AFD对新蕾抑制作用较小,2次喷施AFD对新蕾生成影响较大。

与施药前相比,施药后各处理棉株开花数均随施药后时间的推移呈锯齿状上升趋势,但开花数随机性较大,变化趋势规律性不强,水分供应不足时,仅2次喷施高浓度($70\text{ mL}\cdot 666.7\text{ m}^{-2}$)AFD处理开花数上升趋势明显,后期显著高于不喷施处理;水分供应充足时,喷施DPC和1次喷施AFD均对开花数影响较小,初花期、盛花期2次喷施AFD对开花数影响较大,促进棉蕾开花,尤其高浓度($70\text{ mL}\cdot 666.7\text{ m}^{-2}$)AFD处理开花数上升趋势显著。

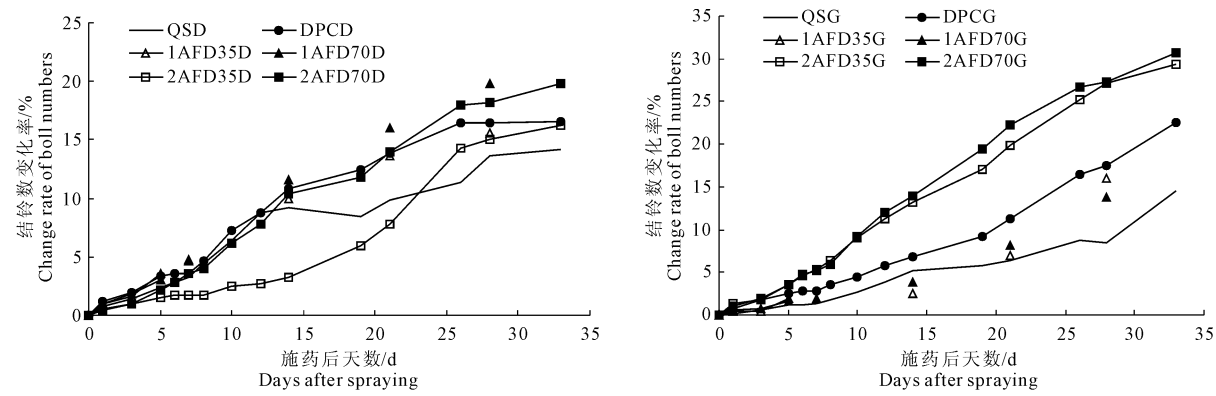


图 2 施药后各处理结铃数相比施药前变化趋势

Fig.2 Comparisons of changes of boll numbers before and after spraying plant growth regulators

从图 2 可以看出,施药后各处理结铃数均大于施药前,随施药后时间的推移呈上升趋势。各处理分别于 7 月 31 日(1 次施药后 28 d)、8 月 5 日(2 次施药后 28 d)达到最高值;施药后整个调查时间,DPCD、1AFD35D、1AFD70D 处理结铃变化量均高于 QSD 处理,施药后 33d,DPCD 处理结铃变化量最高值比 QSD 处理平均多 2.4 个,施药后 28 d,1AFD35D、1AFD70D 处理结铃变化量最高值分别比 QSD 处理平均多 2.0 个、6.2 个;2AFD35D 处理结铃数在 7 月 29 日(2 次施药后 21 d)后明显高于 QSD 处理,施药后 33 d,该处理结铃变化量最高值比 QSD 处理平均多 2.1 个;2AFD70D 处理结铃数在 7 月 17 日(2 次施药后 9 d)后明显高于 QSD 处理,施药后 33 d,该处理结铃变化量最高值比 QSD 处理平均多 5.6 个。处理间对比可见,自施药后 14 d 起,1AFD70D 处理结铃数明显高于其他处理,2AFD70D 处理次之。施药后整个调查时间,DPCG、1AFD35G、2AFD35G、2AFD70G 处理结铃数均高于 QSG 处理,施药后 33 d,DPCG、2AFD35G、2AFD70G 处理结铃变化量最高值分别比 QSG 处理平均多 7.9 个、14.8 个、

16.2 个;施药后 28 d,1AFD35G、1AFD70G 处理结铃变化量最高值分别比 QSG 处理多 7.6 个、5.4 个,两处理除施药后 14 d 时略低于 QSG 处理外,其余时间均高于 QSG 处理。处理间对比可见,2AFD70G 处理结铃数略高于 2AFD35G 处理,两处理同时明显高于其它处理。

不同水分对比可见,除 1AFD70G 处理相比 QSG 处理增加幅度低于 1AFD70D 处理相比 QSD 处理增加幅度外,其余处理均为高水分处理增加幅度高于低水分处理。以上分析表明,采用化学调控有利于提高棉株结铃率,在土壤水分充足前提下,增铃幅度优于土壤水分亏缺条件下。水分供应不足时,喷施高浓度 AFD 对棉株结铃的促进作用优于喷施 DPC;水分供应充足时,2 次喷施 AFD 对棉株结铃的促进作用优于喷施 DPC,1 次喷施 AFD 有利于棉株结铃,但作用低于喷施 DPC,不同浓度间差异较小。

2.3 施药对棉花叶绿素含量的影响

以 7 月 3 日各处理叶绿素含量为基点,计算施药后不同时间叶绿素含量相对 7 月 3 日的变化率,根据施药后天数绘制如图 3 所示。

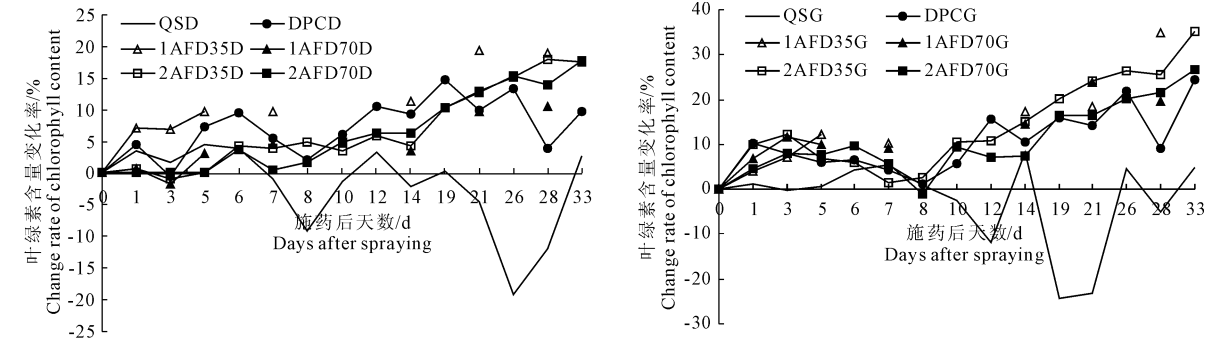


图 3 施药后各处理叶绿素变化率趋势

Fig.3 The change rates of chlorophyll content after spraying plant growth regulators

从图 3 中可以看出,在喷施后的 14 次叶绿素含量检测中,QSD、QSG 处理叶绿素含量分别有 7 次、6 次出现低于喷施前的现象。相比而言,其它处理施药后叶绿素含量多高于施药前,均随施药后天数的增加呈上升或先下降后上升趋势,尤其在施药后 28 d 时,喷施 AFD、DPCD 的处理叶绿素含量变化率均高于喷施清水处理。低水分处理组中,1AFD35D 处理叶绿素含量变化率明显高于其他处理,高水分处理组中,1AFD35D、2AFD35G 处理叶绿素含量变化率明显高于其他处理。同处理高低水分对比发现,施药后的 7 次叶绿素含量检测中,1AFD70G 处理叶绿素含量变化率均高于 1AFD70D 处理;1AFD35G 处理叶绿素含量变化率除施药后 1、21 d 时低于 1AFD35D 处理外,其余时间均高于 1AFD35D 处理。施药后的 14 次叶绿素含量检测中,2AFD35G 处理叶绿素含量变化率除 7 月 10 日—11 日(2 次施药后 7 ~ 8 d)低于 2AFD35D 处理外,其余时间均高于 2AFD35D 处理;2AFD70G 处理叶绿素含量变化率除

7 月 11 日低于 2AFD70D 处理外,其余时间均高于 2AFD70G 处理;DPCG 处理叶绿素含量变化率除在施药后 5 ~ 10 d 时低于 DPCD 处理外,其余时间均高于 DPCD 处理;QSG 与 QSD 处理叶绿素含量变化率的对比中,没有固定高值,两处理各有一段时间高或低。以上分析表明,喷施 AFD、DPCD 有利于增加棉花叶片中叶绿素含量,随着施药后时间的推移效果更趋明显,1 次或 2 次喷施低浓度(35 mL·666.7 m⁻²)AFD 对棉花叶片叶绿素含量的增加效果优于喷施 DPC,当土壤水分含量高时,喷施 AFD 对棉株叶片叶绿素含量的增加作用要优于土壤水分含量低的情况。

2.4 施药对籽棉产量的影响

分别于 7 月 15 日、8 月 15 日对各处理棉株进行株式图调查,当棉株吐絮时,分别根据所属时期(伏前桃、伏桃、秋桃)收获采摘、晒干后称重,并统计各处理霜前(10 月 15 日前收获)、霜后(10 月 15 日后收获)籽棉产量,如表 2 所示。

表 2 不同处理籽棉产量
Table 2 Seed-cotton yields with different treatments

处理 Treatment	伏前桃 Pre-summer boll			伏桃 Summer boll			秋桃 Autumn boll			单株收获 Plant harvest		
	铃数/个 Boll number	产量/g Yield	单铃重/g Single boll weight	铃数/个 Boll number	产量/g Yield	单铃重/g Single boll weight	铃数/个 Boll number	产量/g Yield	单铃重/g Single boll weight	铃数/个 Boll number	产量/g Yield	单铃重/g Single boll weight
QSD	7.0	31.0	4.4	11.6	37.6	3.2	10.8	24.5	2.3	29.4	93.0	3.2
DPCD	8.0	31.0	3.9	10.2	31.7	3.1	9.0	19.8	2.2	27.2	82.5	3.0
1AFD35D	10.2	44.5	4.4	9.0	28.9	3.2	7.8	17.3	2.2	27.0	90.6	3.4
1AFD70D	8.2	36.2	4.4	7.6	25.7	3.4	6.2	14.3	2.3	22.0	76.2	3.5
2AFD35D	3.2	13.6	4.2	10.8	38.3	3.5	4.2	12.5	3.0	18.2	64.4	3.5
2AFD70D	8.0	34.6	4.3	9.6	41.1	4.3	1.0	1.9	1.9	18.6	77.6	4.2
QSG	3.8	16.2	4.3	28.8	80.7	2.8	6.2	15.7	2.5	38.8	112.6	2.9
DPCG	6.0	26.7	4.5	21.5	77.0	3.6	6.5	18.9	2.9	34.0	122.6	3.6
1AFD35G	2.0	9.6	4.8	22.0	82.7	3.8	5.5	17.7	3.2	29.5	110.0	3.7
1AFD70G	9.4	39.5	4.2	15.6	53.9	3.5	3.0	7.8	2.6	28.0	101.2	3.6
2AFD35G	10.4	47.9	4.6	13.8	48.6	3.5	2.6	6.6	2.6	26.8	103.2	3.8
2AFD70G	11.3	50.3	4.5	12.0	44.3	3.7	1.5	2.8	1.9	24.8	97.5	3.9

注:表中各处理指标数值均代表平均单株棉。
Note: Each index in the table represents the averaged value of one cotton plant.

对比表 2 中各处理单株收获量可见,高水分处理组中各处理单株铃数、产量均高于同处理低水分组,除 QSD、2AFD70D 处理单铃重低于 QSG、2AFD70G 处理外,其它均为高水分处理组单铃重略高。低水分处理组中,以 QSD 处理单株铃数、产量最高,2AFD35D 处理单株铃数、产量最低,这可能与桶栽种植方式和土壤含水量较低有关,土体较小,水分供应不足,不利于棉株纵向生长,DPC 和 AFD 的

抑制作用加剧了棉株生长的不利方面,值得注意的是,1AFD35D 处理单株铃数低于 DPCD 处理,而单株产量高于 DPCD 处理,表明在干旱或棉株生长环境较差地区,不应喷施抑制类调节剂,若必须喷施,则喷施 AFD 优于 DPC,且建议于初花期低浓度喷施一次。高水分处理组中,以 DPCG 处理产量最高,QSG 处理次之,喷施 AFD 的处理产量较低,其中 1AFD35G 处理产量最高,单株铃数以 QSG 处理最

高,2AFD70G 处理最低,单铃重以 QSG 处理最低,2AFD70G 处理最高,表明在土壤水分供应充足地区,喷施 DPC 有利于提高籽棉产量,而喷施 AFD 对棉株抑制作用过大,虽提高了单铃重,但铃数下降显著,导致产量降低,当然这也可能与此次试验桶栽种植方式有关,相信在大田种植并供水充足地区,喷施 AFD 可能优于 DPC。

目前,普遍研究认为,棉田伏桃数占总铃数的 60%左右,产量占总铃数的 60%~70%,其次为秋桃,占总铃数的 30%,伏前桃最低,占总铃数的 10%。本研究与之稍有差异,QSD、QSG 处理伏桃数、产量较高,秋桃数虽高于伏前桃数,但产量较低,究其原因,可能是由于本研究采用桶栽种植,每桶一株,棉株下部光照较好,而与大田相比,土体较小,棉株根系生长受限,后劲不足,影响秋桃产量。DPCD、DPCG 处理三桃比例与 QSD、QSG 处理类似,表明喷施 DPC 对棉株影响较小。喷施 AFD 后,棉株三桃比例影响较大,1AFD35D、1AFD70D 处理均为伏前桃数量、产量较高,伏桃次之,秋桃最低,两处理的伏前桃数量、产量均超过 QSD、DPCD 处理,这可能是由于当土壤含水量较低时,棉株生长矮小,喷施 AFD 可抑制棉株生长,棉株将主要营养转向伏前桃,促使伏前桃数量、重量明显提高。1AFD35G、1AFD70G 处理均为伏桃数量、产量较高,1AFD35G 处理秋桃数量、产量高于伏前桃,1AFD70G 处理伏前桃数量、产量高于秋桃,这是由于当土壤含水量较高时,喷施高浓度 AFD 后,对棉株的抑制作用较大,影响秋桃成铃,而喷施低浓度 AFD,随着水分的充足供应,棉株生长逐渐抵消了 AFD 的抑制作用,对秋桃影响较小。

2AFD35D、2AFD70D、2AFD35G 处理与喷施 QS、DPC 处理类似,均为伏桃数量、产量较高,伏前次之,秋桃最低,表明初花期、盛花期 2 次喷施 AFD 可微调棉株生长情况,对棉株生育影响较小。2AFD70G 处理伏桃数量略高,但产量却低于伏前桃,表明土壤含水量较高时,2 次喷施高浓度 AFD,对棉株抑制作用较大,棉株自身调节营养分配,伏前桃单铃重增加,秋桃受影响较大。不同水分对比后发现,QSG、DPCG、1AFD35G、1AFD70G 处理伏桃数量、产量分别高于 QSD、DPCD、1AFD35D、1AFD70D 处理,伏前桃、秋桃数量、产量分别低于 QSD、DPCD、1AFD35D、1AFD70D 处理,2AFD35G、2AFD70G 处理伏桃数量、产量分别低于 2AFD35D、2AFD70D 处理,伏前桃数量、产量分别高于 2AFD35D、2AFD70D 处理,表明以限制土体种植棉花时,伏桃是构成棉花产量的主体桃,其次是伏前桃,水分的充足供应是其数量和产量增加的重要保障。

2.5 施药对棉花纤维品质的影响

表 3 为各处理籽棉衣分及轧花后进行纤维品质检测后的结果,从表中可以看出,低水分处理组中,喷施 DPC、AFD 处理衣分均大于喷施清水处理,除 1AFD35D 处理衣分较低外,其余喷施 AFD 处理衣分均大于喷施 DPC 处理;高水分处理组中,仅 2AFD70G 处理衣分高于 QSG 处理,同低水分处理组类似,除 1AFD35G 处理衣分较低外,其余喷施 AFD 处理衣分均高于喷施 DPC 处理。表明干旱地区,棉花喷施调节剂有利于皮棉产量,喷施 AFD 优于 DPC;湿润地区,喷施调节剂不利于皮棉产量,喷施 AFD 对皮棉的减产幅度略低于喷施 DPC。

表 3 不同处理棉花纤维品质
Table 3 Fiber qualities of cotton with different treatments

处理 Treatment	衣分/% Lint percentage	纤维长度/mm Fiber length	整齐度指数/% Uniformity index	马克隆值 Micronaire	伸长率/% Elongation rate	断裂比强度/(cN·tex ⁻¹) Specific breaking strength
QSD	36.6	27.09	81.95	5.46	6.45	30.70
DPCD	37.1	28.59	82.35	5.60	6.15	32.15
1AFD35D	36.8	28.82	82.25	5.05	6.30	31.85
1AFD70D	38.0	29.51	82.75	4.99	6.20	32.25
2AFD35D	38.0	28.00	82.70	4.99	6.40	31.00
2AFD70D	39.2	28.65	82.00	5.34	6.30	30.65
QSG	37.1	28.17	84.50	5.13	6.25	33.50
DPCG	35.2	27.74	83.75	5.11	6.35	30.50
1AFD35G	35.1	28.76	82.15	5.50	6.30	30.95
1AFD70G	36.2	28.77	83.90	5.27	6.35	32.20
2AFD35G	36.2	28.66	83.55	4.84	6.40	30.90
2AFD70G	38.3	29.86	83.25	5.11	6.15	32.90

各处理纤维品质对比中,1AFD70D 处理纤维长度、整齐度指数,断裂比强度均为低水分处理组中最高值,马克隆值为低水分处理组中最小值;高水分处理组中,2AFD35G 处理马克隆值 < 4.9,达到标准 B 级,2AFD70G 处理纤维长度 29.86 mm,为高水分处理组中最长值,断裂比强度略低于 QSG 处理;DPCD 处理纤维长度、整齐度指数、断裂比强度均高于 QSD 处理,低于 1AFD70D 处理,DPCG 处理纤维长度、断裂比强度均低于 QSG 和喷施 AFD 的处理。以上分析表明,在供水受限地区,喷施 AFD 对棉花纤维品质的改善作用超过喷施 DPC,以 1 次喷施 AFD 70 mL·666.7m⁻²为宜;在水分供应充足地区,喷施 AFD 可增加棉花纤维长度,以 2 次喷施 AFD 35 mL·666.7 m⁻²为宜,喷施 DPC 并不能改善棉花纤维品质。

3 结 论

1) 未喷施调节剂的棉株一般于开花后 7~8 d 棉蕾个数较多,蕾花铃总数达到较高值,随后下降,若土壤含水量较高,棉蕾数和蕾花铃总数均小幅下降后继续上升,上升趋势明显;若土壤含水量较低,新蕾生成较少,蕾花铃总数下降幅度较大,随后虽有所上升但难于超越前期高值,下降趋势明显。喷施缩节胺后,棉蕾和蕾花铃总数变化趋势变化不大,但变化幅度略缓;随着施药后时间的推移,棉蕾个数和蕾花铃总数明显减少,结铃数增加。喷施艾氟迪对棉蕾个数和蕾花铃总数变化趋势影响较大,若土壤含水量较低,棉蕾数、蕾花铃总数均呈先上升后下降趋势,1 次(初花期)喷施 AFD 相比 2 次(初花期、盛花期)喷施对其影响大;若土壤含水量较高,2 次喷施对棉蕾数、蕾花铃总数的影响较大,棉株自我调节养分,结铃数显著增加。

2) 喷施调节剂的棉株叶绿素含量明显高于未喷施处理。当土壤含水量较低时,喷施缩节胺和艾氟迪后棉株叶绿素含量明显提高,但两者之间没有明显差异;当土壤含水量较高时,喷施艾氟迪对棉株叶绿素含量的增加作用优于喷施缩节胺。

3) 土壤水分含量的高低是决定籽棉产量的重要因素,水分高则产量高。当土壤含水量较低时,喷施调节剂虽不能使籽棉产量增加,但可改善棉花纤维品质。当土壤含水量较高时,喷施缩节胺可使籽棉产量增加,但棉花纤维品质下降,喷施艾氟迪不能

使籽棉产量增加,棉花纤维品质略有改善。当土壤含水量较低时,喷施缩节胺后,籽棉产量减少主要是由于伏桃、秋桃产量下降所致;喷施艾氟迪主要是由于秋桃产量下降所致。当土壤含水量较高时,喷施缩节胺可提高伏前桃、秋桃产量,籽棉产量增加。喷施艾氟迪可提高伏前桃产量,但伏桃大幅下降,导致籽棉产量减少。综上,喷施艾氟迪后棉株的生长状况,简言之“前促后抑”。

参 考 文 献:

[1] 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,2013.

[2] 张立桢,曹卫星,张思平,等.棉花蕾铃生长发育和脱落的模拟研究[J].作物学报,2005,31(1):70-76.

[3] 李鹏程,董和林,刘爱忠,等.几种生长调节剂对棉花产量与品质的影响[J].中国棉花,2013,40(9):13-15.

[4] 刘敬然,刘佳杰,孟亚利,等.外源 6-BA 和 ABA 对不同播种期棉花产量和品质及其棉铃对位叶光合产物的影响[J].作物学报,2013,39(6):1078-1088.

[5] 刘 燕,原保忠,张献龙,等.缩节胺和整枝打顶对棉花产量及品质的影响[J].农学报,2013,3(6):8-12.

[6] 任晓明,杜明伟,田晓莉,等.种植密度、缩节胺及脱叶催熟剂对黄河流域棉区棉花产量和早熟性的影响[C]//中国棉花学会 2012 年年会论文汇编,2012:178.

[7] 邓 忠,白 丹,翟国亮,等.不同植物生长调节剂对新疆棉花干物质积累、产量和品质的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(3):122-127.

[8] 罗宏海,赵瑞海,韩春丽,等.缩节胺(DPC)对不同密度下棉花冠层结构特征与产量性状的影响[J].棉花学报,2011,23(4):334-340.

[9] 冯国艺,姚炎帝,杜明伟,等.缩节胺(DPC)对干旱区杂交棉冠层结构及群体光合生产的调节[J].棉花学报,2012,24(1):44-51.

[10] 李代阔,文春梅.缩节胺拌种对棉花生长发育影响的试验研究[J].安徽农学通报,2012,18(14):66,123.

[11] 邓小霞,江海澜,彭 俊,等.缩节胺剂量对花铃期棉花生理特性的研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2013,31(1):1-5.

[12] 周运刚,王俊刚,马天文,等.不同 DPC(缩节胺)处理对棉花生理生化特性的影响[J].新疆农业科学,2010,47(6):1142-1146.

[13] 夏绍南,张丽娟,彭苗苗,等.艾氟迪(AFD)在棉花上施用时期的研究[J].棉花科学,2012,34(1):20-24.

[14] 张 璇,孙建船,杨 涛,等.艾氟迪在甘肃敦煌棉田的应用效果[J].中国棉花,2012,39(9):20-24.

[15] 戴宝生,范媛媛,李 蔚,等.艾氟迪(AFD)在棉花上的应用效果[J].棉花科学,2011,33(6):53-54.

[16] 徐士东,陈宽兵,毛筱晔.艾氟迪(AFD)在盐碱地棉田的应用效果试验[J].河北农业科学,2011,15(2):22-23.