

# 播期对内蒙古西部荒漠区棉花产量、品质及养分吸收利用的影响

张国伟<sup>1</sup> 张 祥<sup>2</sup> 陈德华<sup>2</sup> 周治国<sup>3\*</sup>

(<sup>1</sup>江苏省农业科学院经济作物研究所/农业部长江下游棉花与油菜重点实验室, 南京 210014; <sup>2</sup>扬州大学农学院, 江苏扬州 455000; <sup>3</sup>南京农业大学农学院/农业部作物生理生态与生产管理重点实验室, 南京 210095)

**摘 要** 于2014—2015年在内蒙古自治区阿拉善盟阿拉善左旗内蒙古棉花综合实验站设置大田试验,以‘中棉所50’为材料,采用“一膜三管六行”机采棉配套栽培技术种植,研究播期(4月20日、4月30日和5月10日)对棉花产量、品质及养分吸收的影响。结果表明:随着播期推迟,棉花生育时期推迟,生育期缩短,铃期日均温降低,收获密度增加;播期显著影响棉株干物质累积、养分吸收与分配,以及产量和品质形成,4月30日播种条件下,棉株干物质和养分在经济器官中的分配比例、养分总积累量及养分的皮棉生产效率较高,籽棉和皮棉产量最高,达6505.9和2660.9 kg·hm<sup>-2</sup>,且纤维品质较优;4月20日播期下,收获密度、生物量和养分累积量最低,虽然生物量和养分经济系数最高,但最终籽棉和皮棉产量仍较4月30日播期降低10.9%~14.0%和11.1%~14.2%;5月10日播期,虽然可以避免种子萌发期低温冷害,但棉铃发育期日均温偏低,尽管生物量和养分累积量最高,但是生物量和养分经济系数、养分的皮棉生产效率最低,最终籽棉和皮棉产量较4月30日播期降低32.5%~34.7%和35.9%~36.2%,且纤维品质最差。综合分析,4月30日左右为内蒙古西部荒漠旱区棉花种植的最佳播期。

**关键词** 播期;棉花;内蒙古西部荒漠区;产量;品质;养分吸收利用

**Effect of sowing dates on cotton yield, fiber quality, and uptake and utilization of nutrients in Inner Mongolia west desert area, China.** ZHANG Guo-wei<sup>1</sup>, ZHANG Xiang<sup>2</sup>, CHEN De-hua<sup>2</sup>, ZHOU Zhi-guo<sup>3</sup> (<sup>1</sup>*Institute of Industrial Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Cotton and Rapeseed in the Lower Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China*; <sup>2</sup>*College of Agriculture, Yangzhou University, Yangzhou 455000, Jiangsu, China*; <sup>3</sup>*College of Agronomy, Nanjing Agricultural University/Key Laboratory of Crop Physiology Ecology and Production Management, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China*).

**Abstract:** Field experiments were conducted in 2014 and 2015 at the “Inner Mongolia cotton comprehensive test station” (39°27' N, 105°39' E) in Alxa Left Banner of Alxa League in Inner Mongolia. By using cotton cultivar CCRI-50 as material and the “6 cotton rows with 3 dripping pipes under a plastic film mulching” plantation pattern, different sowing dates (20-Apr, 30-Apr and 10-May) were set to study the effect of sowing dates on cotton yield, fiber quality and nutrient uptake and utilization. The results showed that as the sowing date delayed, the development of cotton plant was delayed, the yield forming stage shortened, and the mean daily temperature of boll development reduced, but the harvesting density increased. Sowing date influenced the biomass accumulation, fiber yield and fiber quality, it also influenced the absorption and distribution of N, P and K. Among the three sowing dates, the biomass distribution proportion to reproductive organ, nutrition (N, P and K) accumulation, lint production efficiency of nutrient and yield were higher in the cotton plant that was sowing at 30-Apr, the seed cotton and lint yield were the highest which could reach up to 6505.9 kg·hm<sup>-2</sup> and 2660.9 kg·hm<sup>-2</sup>, respectively, and the fiber quality was better

本文由国家科技支撑计划项目(2014BAD03B02)资助 This work was supported by National Science and Technology Support Program (2014BAD03B02).

2016-07-13 Received, 2016-12-27 Accepted.

\*通讯作者 Corresponding author. E-mail: giscott@njau.edu.cn

than that of 10-Mar. For the plant which was sowed at 20-Apr, harvesting density, biomass and nutrient accumulation were the lowest, although economic coefficients of biomass and nutrient were the highest, and the seed cotton and lint yield were respectively 10.9%–14.0% and 11.1%–14.2% lower than that of 30-Apr. When sowing at 10-May, cotton could avoid the low temperature during seed germination, but mean daily temperature during boll development were the lowest, although biomass and nutrient accumulation were the highest. The economic index, lint production efficiency of nutrient were the lowest, which leading to the poorest fiber quality, lowest seed cotton and lowest lint yield which were respectively 32.5%–34.7% and 35.9%–36.2% lower than that of 30-Apr. These results suggested that the optimum sowing date for cotton planting was about 30-Apr in Inner Mongolia west desert area.

**Key words:** sowing date; cotton; Inner Mongolia west desert area; yield; fiber quality; uptake and utilization of nutrient.

棉花是我国重要的经济作物,在国民经济中占有重要地位.近年来,随着植棉成本不断提高与种植业结构调整,长江和黄河流域棉区的植棉面积逐渐缩减,而新疆自治区由于气候条件和供需矛盾限制,棉花种植可扩展面积较小.因此,发掘新的植棉区、扩大棉花种植面积、提高棉花产量已经成为我国棉花产业发展亟需解决的问题.为保障我国棉花产业健康发展,国家拟在内蒙古自治区西部荒漠旱区进行新棉区建设.该区属温带大陆性半干旱气候,面积大,光热资源丰富,干旱少雨,作物病虫害种类少、危害轻<sup>[1-2]</sup>,与新疆北疆的生态条件相似.因此,研究该区植棉潜力对于我国棉花产业可持续发展具有重要意义.

适期播种是作物生产中充分利用光热资源、改善群体质量和产量的主要栽培措施<sup>[3-4]</sup>,播期不同造成棉花生育期内温、光差异,影响棉花出苗和棉铃发育<sup>[5-7]</sup>,迟播导致的低温降低了棉花产量和纤维品质<sup>[8-9]</sup>.多年气象资料表明,内蒙古西部旱区适宜棉花生长季节为4月中下旬至10月上旬,播期较早时风沙大、气温低,严重影响棉花种子萌发和苗期生长,播期较晚虽然可以避开风沙和苗期低温,但是播种晚,生长期缩短,热量资源不足,棉花晚发、晚熟、劣质<sup>[10]</sup>.因此,如何充分利用该地区的光热资源,趋利避害,确定合理播期,对于内蒙古西部旱区棉花高产具有重要意义.

作物的高产以较高的生物量为前提,而生物量的累积是以养分吸收为基础.Dong等<sup>[11]</sup>在黄河三角洲盐土条件下的研究表明,高产田每生产100 kg皮棉所吸收的钾量比低产田高20.6%.张国伟等<sup>[12]</sup>在长江流域下游棉区的研究表明,棉花生育后期生殖器官的养分积累量对产量的形成具有重要作用;李勇等<sup>[13]</sup>研究了该地区水氮耦合对产量形成的影响,

但是关于内蒙古西部荒漠旱区棉花养分吸收的研究报道较少,关于不同播期对该区棉花产量、品质形成与养分吸收的研究尚未见报道.

本研究基于内蒙古西部荒漠旱区的特殊生态条件,以短季棉‘中棉所50’为材料,设置不同播期处理,研究播期对棉花产量、品质形成及养分吸收的影响,旨在确定适宜的播期,为内蒙古西部旱区棉花高产优质生产提供理论依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于2014—2015年在内蒙古自治区阿拉善盟左旗吉兰泰镇内蒙古棉花综合实验站(39°27' N, 105°39' E,海拔1191 m)进行.试验田位于乌兰布和沙漠西南边缘,属于温带大陆性干旱气候,初霜日期为9月下旬至10月上旬,终霜日期为4月下旬至5月上旬.试验田土壤属于砂质土,0~20 cm土层基土理化性质见表1.

根据前期研究,‘中棉所50’为内蒙古西部地区的适宜机采棉品种<sup>[14]</sup>.本研究以‘中棉所50’为试验材料,采用“一膜三管六行”机采棉配套栽培技术,其中行距66 cm+10 cm(宽行+窄行)、株距11 cm,地膜宽为2.0 m,棉花播种量为 $67.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ .结合当地多年气候资料,设置4月20日、4月30日和5月10日3个播种期,每小区面积 $150 \text{ m}^2$ ,随机区组设置,3次重复.

采用膜下滴灌技术,棉花全生育期用水 $3450 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ .肥料运筹为 $288.0 \text{ kg N} \cdot \text{hm}^{-2}$ , $226.5 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $75.0 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,其中全部钾肥和 $81.0 \text{ kg N}$ 、 $207.0 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ 基施,其余滴灌追施.结合当地初霜时间,3个播期均于7月28日打顶,其他农田管理措施按当地常规进行.

表 1 供试土壤的理化性质 (2014—2015)  
Table 1 Physical and chemical properties of the tested soils in 2014 and 2015

指标 Index	TN (mg · kg <sup>-1</sup> )	AN (mg · kg <sup>-1</sup> )	AP (mg · kg <sup>-1</sup> )	AK (mg · kg <sup>-1</sup> )	OM (g · kg <sup>-1</sup> )	pH	BD (g · cm <sup>-3</sup> )	FWC (%)	TSC (‰)
2014	488.52	39.22	12.52	66.35	12.82	6.80	1.56	22.22	0.81
2015	499.31	38.65	11.91	65.87	13.01	6.70	1.58	23.74	0.79

TN: 全氮 Total N; AN: 速效氮 Available N; AP: 速效磷 Available P; AK: 速效钾 Available K; OM: 有机质 Organic matter; BD: 容重 Bulk density; FWC: 田间持水量 Field water capacity; TSC: 全盐含量 Total salinity content.

1.2 测定内容与方法

分别于 2014 和 2015 年的 6 月 15 日、7 月 19 日、8 月 15 日、9 月 8 日和 10 月 2 日取棉株样, 每小区随机取 5 株,按照营养器官和生殖器官分开,放入 105 ℃烘箱杀青 30 min, 再以 80 ℃烘干至恒量,将样品粉碎,以 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>消解后用连续流动分析仪测定全氮含量<sup>[15]</sup>, 用钼锑抗吸光光度法测定全磷含量<sup>[15]</sup>, 用火焰光度计测定全钾含量<sup>[16]</sup>.于吐絮期在各小区随机挑选 3 个 2.33 m×2 m 大小的样方,调查棉田实际收获密度和单株铃数,取 50 个大小一致棉铃测定铃重和衣分,理论总产量通过面积换算获得,同期调查霜前花比例,估算霜前花产量.纤维品质由棉花品质监督检验测试中心采用 HFT900 仪器测定 (HVICC 校准).

养分经济系数、养分皮棉生产效率及 100 kg 皮棉养分吸收量计算公式<sup>[17]</sup>如下:

氮 (磷、钾) 经济系数=生殖器官氮 (磷、钾)/植株氮 (磷、钾)

氮 (磷、钾) 养分皮棉生产效率=皮棉产量/植株氮 (磷、钾) 吸收量

100 kg 皮棉养分吸收量 = 植株养分吸收量/皮棉产量×100

1.3 气象资料和数据统计分析

采用 Microsoft Excel 数据处理软件分析数据和制作表格,用 SPSS 17.0 统计软件进行方差分析,用 LSD 法检验处理间平均值的差异显著性.气象数据来自中国气象网 (表 2).

2 结果与分析

2.1 播期对棉花生长发育进程和铃期日均温的影响

随着播期推迟,棉花生育进程延迟 (表 3), 5 月 10 日播期下的出苗时间 (播种到出苗期)、营养生长时间 (苗期到蕾期) 和总生育期分别为 16、50 和 133 d,分别较 4 月 20 日和 4 月 30 日播期减少 2~3 d 和 4~5 d、1~2 d 和 4~6 d、1~3 d 和 5~6 d,而花铃期持续天数 (开花期到吐絮期) 为 43 d,分别较 4 月 20

日和 4 月 30 日播期延长 1 d 和 2 d.铃期日均温是影响棉铃发育的关键因子,5 月 10 日播期下铃期日均温为 17.9 ℃,分别较 4 月 20 日和 4 月 30 日播期降低 1.2 和 1.7 ℃ (图 1).

2.2 播期对棉株形态结构的影响

播期显著影响棉花生长,5 月 10 日播期下棉花株高、茎粗、果枝数、果节数和节枝比显著低于 4 月 20 日和 30 日播期,但是 4 月 20 日和 4 月 30 日播期对棉株形态结构的影响在年份间存在差异,2014 年 4 月 30 日播期下株高、茎粗、果枝数和果节数显著

表 2 棉花生长期的气象因子 (2014—2015)  
Table 2 Weather factors during growth season of cotton in 2014 and 2015

年份 Year	月份 Month	月均温 Monthly average temperature (℃)	降雨量 Precipitation (mm)	日照时数 Sunshine hours (h)
2014	4	13.5	13.4	245.6
	5	18.2	3.1	333.1
	6	23.5	16.8	304.0
	7	25.1	44.1	319.2
	8	21.3	51.5	265.3
	9	18.0	22.7	441.1
	10	12.2	18.4	243.2
	4	9.4	14.3	239.8
	5	18.0	3.7	322.5
	6	22.5	9.7	289.6
2015	7	25.6	1.2	307.3
	8	23.8	0.9	298.9
	9	17.1	68.2	219.5
	10	13.1	9.6	155.2

表 3 播期对棉花生长发育进程的影响 (2014—2015)  
Table 3 Effect of sowing dates on growth and development stages of cotton plant in 2014 and 2015

年份 Year	播期 Sowing date	出苗期 Seedling stage	现蕾期 Budding stage	开花期 Flowering opening stage	吐絮期 Boll maturing stage	生育期 Growing stage (d)
2014	04-20	05-06	06-25	08-04	09-16	133
	04-30	05-14	06-28	08-09	09-22	131
	05-10	05-22	07-05	08-13	09-27	128
2015	04-20	05-06	06-24	08-05	09-18	135
	04-30	05-15	06-28	08-10	09-24	132
	05-10	05-21	07-05	08-14	09-29	131

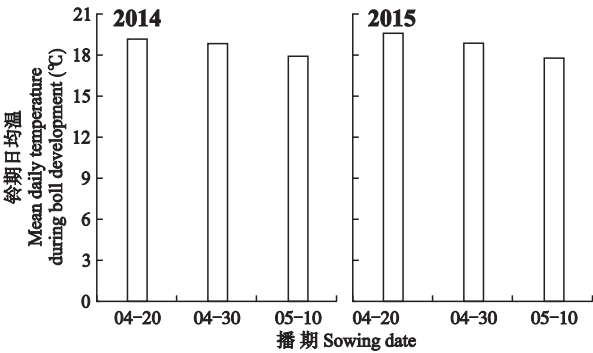


图1 棉花铃期日均温(2014—2015)  
Fig.1 Mean daily temperature during cotton boll development in 2014 and 2015.

高于4月20日播期,2015年则表现出相反趋势(表4).

表4 播期对棉株形态结构的影响(2014—2015)  
Table 4 Effect of sowing dates on morphology of cotton plant in 2014 and 2015

年份 Year	播期 Sowing date	株高 Plant height (cm)	茎粗 Shoot diameter (mm)	果枝数 Number of fruiting branch	果节数 Number of fruit nodes	节枝比 Ratio of fruit node / fruit branch
2014	04-20	57.3b	11.6b	9.8b	21.2b	2.16a
	04-30	62.2a	12.1a	11.2a	24.2a	2.16a
	05-10	46.3c	10.2c	8.2c	16.3c	1.99b
2015	04-20	59.2a	12.4a	10.2a	23.1a	2.26a
	04-30	53.8b	11.1b	9.3b	19.5b	2.10b
	05-10	51.8c	9.9c	7.8c	13.9c	1.78c

同列不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ) Different letters within the same column meant significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

2.3 播期对棉花产量及产量构成的影响

随着播期推迟,实际收获密度显著升高,4月30日和5月10日播期下收获密度分别较4月20日播期增加21.8%和46.6%(2014)、29.6%和60.2%(2015);单株铃数在年份间存在差异,2014年4月20日和4月30日播期间差异不显著,但显著高于5

月10日播期,2015年则随播期推迟而持续降低,最终两年的群体成铃数均以4月30日播期下最高,4月20日次之,5月10日最低.铃重和衣分在4月20日和30日播期间差异不显著,但显著高于5月10日播期,最终4月30日播期下籽棉和皮棉产量最高,4月20日次之,5月10日最低.此外,随着播期推迟,霜前花率持续降低,最终霜前籽棉和皮棉产量在4月20日和30日播期间差异不显著,但显著高于5月10日播期(表5).

2.4 播期对霜前花纤维品质的影响

由表6可知,播期对伸长率的影响较小,对其他指标影响相对较大,4月30日播期棉花纤维长度和整齐度指数最高,纤维长度、断裂比强度与4月20日播期差异不显著,马克隆值显著低于4月20日播期,但显著高于5月10日播期.5月10日播期下纤维长度、整齐度指数、马克隆值和断裂比强度均最低.

2.5 播期对生物量累积与分配的影响

由图2可知,4月20日播期下棉株地上部生物量在生育前期(8月15日之前)高于4月30日和5月10日播期,之后增长速率变缓,而此时4月30日和5月10日播期仍保持相对较高的增长量,最终收获期地上部生物量以4月30日播期最高,5月10日播期次之,4月20日播期最低.生殖器官生物量在4月20日和4月30日播期间差异相对较小,在收获期时显著高于5月10日播期,最终4月20日播期下生物量经济系数最高,4月30日播期次之,5月10日播期最低.

2.6 播期对棉株氮、磷、钾累积与分配的影响

整株氮、磷和钾积累量呈先升高后降低的趋势(图3),其中4月20日播期的棉株氮、磷、钾含量在8月15日左右增幅迅速减缓甚至开始降低,而4月30日和5月10日播期下则在9月8日左右开始降

表5 播期对棉花产量及其构成的影响(2014—2015)  
Table 5 Effect of sowing dates on yield and yield components of cotton in 2014 and 2015

年份 Year	播期 Sowing date	收获密度 Harvesting density ( $\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	株铃数 Boll number per plant	群体铃数 Boll number ( $\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$ )	铃重 Boll mass (g)	衣分 Lint percentage (%)	霜前花率 Ratio of flowering before frost (%)	籽棉产量 Seed cotton yield ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	霜前籽棉产量 Seed cotton yield before frost ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	皮棉产量 Lint yield ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	霜前皮棉产量 Lint yield before frost ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
2014	04-20	16.51c	6.7a	110.1b	5.1a	40.8a	92.1a	5593b	5151a	2282b	2102a
	04-30	20.10b	6.4a	129.6a	5.0a	40.9a	82.0b	6506a	5335a	2661a	2182a
	05-10	24.22a	3.9b	94.1c	4.5b	40.1b	64.2c	4244c	2725b	1702c	1093b
2015	04-20	15.07c	7.5a	112.3b	5.0a	41.4a	90.4a	5626b	5086a	2329b	2106a
	04-30	19.54b	6.4b	125.0a	5.1a	41.5a	82.3b	6313a	5195a	2620a	2156a
	05-10	24.15a	3.7c	88.3c	4.8b	39.4b	60.1c	4256c	2558b	1677c	1008b



表 6 播期对棉花纤维品质的影响(2014—2015)  
Table 6 Effect of sowing dates on cotton fiber quality in 2014 and 2015

年份 Year	播期 Sowing date	纤维长度 Fiber length (cm)	整齐度指数 Uniformity index (%)	马克隆值 Micronaire	伸长率 Elongation rate (%)	断裂比强度 Breaking strength (cN/tex)
2014	04-20	28.94a	84.8b	4.72a	7.6a	28.3a
	04-30	28.55a	86.4a	4.18b	7.7a	27.9ab
	05-10	28.04b	83.1c	3.56c	7.7a	27.0b
2015	04-20	28.84a	83.3a	4.55a	7.2a	28.43a
	04-30	29.01a	83.5a	3.82b	7.3a	28.53a
	05-10	27.82b	82.1b	3.40c	7.1a	26.78b

低;收获期,5月10日播期下棉株氮累积量显著高于4月20日和30日播期,但5月10日和4月30日播期下磷和钾积累量差异不显著,却显著高于4月20日播期.对于生殖器官氮、磷、钾积累量,4月20日和30日播期下氮、磷和钾积累量在生育前期差异相对较小,却显著高于5月10日播期,收获期均表现为4月30日播期最高,4月20日播期次之,5月10日播期最低,最终氮、磷和钾经济系数以4月20日播期最高,4月30日次之,5月10日最低.

2.7 播期对棉株氮、磷、钾吸收比例与养分利用效率的影响

随着播期推迟,棉株每生产 100 kg 皮棉需要摄取的养分量显著升高,相应的养分皮棉生产效率降

低(表 7),5月10日播期下每生产 100 kg 皮棉需要摄取的氮、磷和钾量分别较 4 月 20 日播期升高 87.5%和 87.3%、92.5%和 78.4%、97.7%和 78.4%,而氮、磷和钾的皮棉生产效率则较第一播期降低 46.6%和 46.7%、47.9%和 43.9%、49.4%和 44.0%.此外,播期亦影响养分吸收比例,4月30日播期下棉株对磷和钾的吸收比例相对较高.

3 讨 论

本试验结果表明,在内蒙古西部荒漠旱区采用“一膜三管六行”机采棉配套栽培技术,当播期为 4 月 30 日时,‘中棉所 50’籽棉和皮棉产量最高达 6505.9 kg·hm<sup>-2</sup>和 2660.9 kg·hm<sup>-2</sup>,显著高于长江和黄河流域棉区产量水平<sup>[18-19]</sup>,与新疆高产棉田产量差异不大<sup>[20-21]</sup>,说明在该地区开展棉花高产高效种植切实可行.本研究中,随播期推迟,棉花收获密度持续升高,主要是 4 月 20 日和 4 月 30 日播期下播种后低温造成棉花出苗率降低所致(2014 年 4 月 24 日和 5 月 1 日、2015 年 5 月 9 日均出现降雪).尽管 4 月 20 和 30 日播期下收获密度相对较低,但是营养生长期(苗期到蕾期)较长(45~50 d,较 5 月 10 日播期增加 1~6 d)、铃期日均温相对较高(19.1~19.6℃,较 5 月 10 日播期增加 0.9~1.7℃).这既利于丰产架子搭建,也利于棉铃发育,最终单株铃数、群体

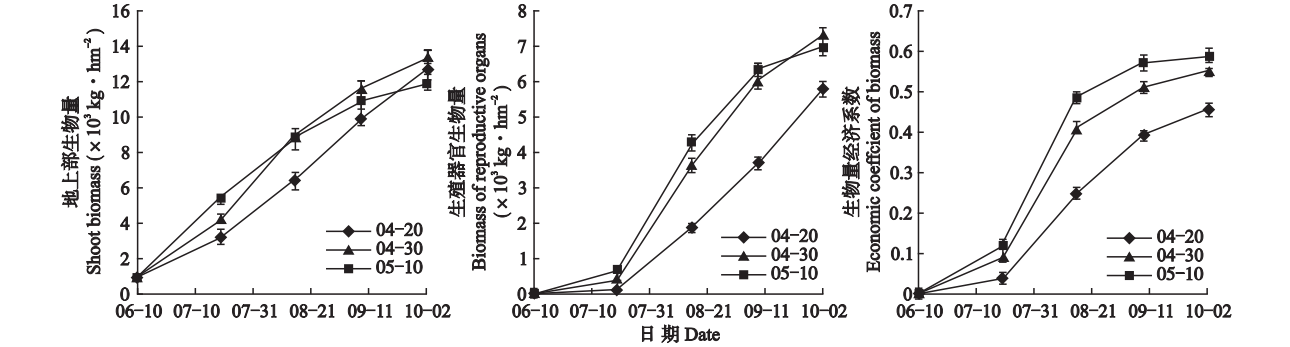


图 2 棉株地上部生物量、生殖器官生物量和生物量经济系数的动态变化(2015)  
Fig.2 Dynamics of biomass accumulation in shoot, reproductive organs, and economic coefficient of biomass of cotton in 2015.

表 7 棉株氮、磷、钾吸收比例与养分皮棉生产效率(2014—2015)  
Table 7 Uptake percent and lint production efficiency of N, P and K in cotton plants in 2014 and 2015

年份 Year	播期 Sowing date	100 kg 皮棉养分吸收量 Nutrient uptake per 100 kg lint (kg)			N : P : K	养分皮棉生产效率 Lint production efficiency of nutrient (kg·kg <sup>-1</sup> )		
		N	P	K		N	P	K
2014	04-20	6.88c	2.15c	7.44c	1 : 0.29 : 1.08	14.53a	46.48a	13.44a
	04-30	7.83b	2.59b	8.68b	1 : 0.32 : 1.19	12.76b	38.68b	11.40b
	05-10	12.9a	4.14a	14.71a	1 : 0.30 : 1.14	7.75c	24.17c	6.80 c
2015	04-20	7.79b	2.46c	9.08c	1 : 0.31 : 1.16	12.84a	40.65a	11.02a
	04-30	8.20b	2.75b	10.09b	1 : 0.33 : 1.23	12.19b	36.34b	9.91b
	05-10	14.59a	4.39a	16.2a	1 : 0.30 : 1.11	6.85c	22.8c	6.17c

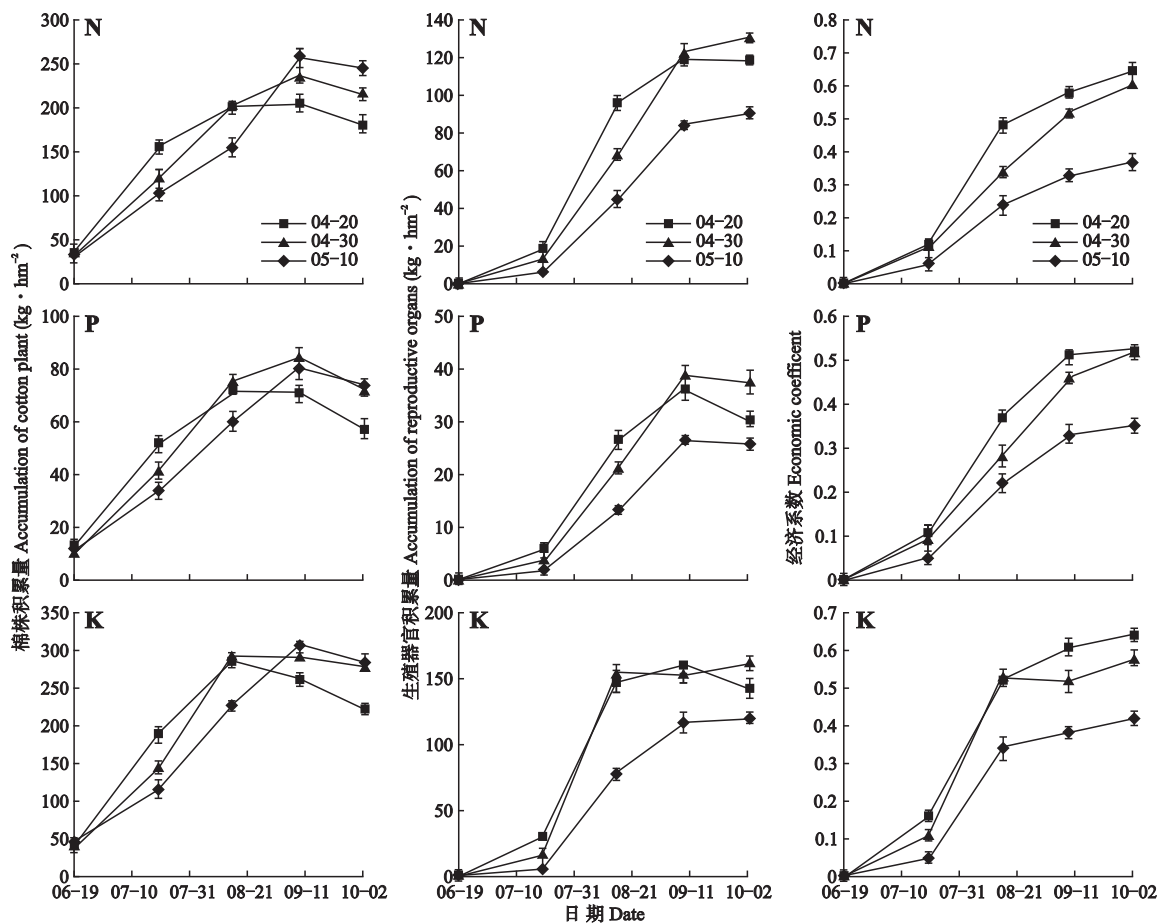


图3 棉株和生殖器官氮、磷、钾累积及其经济系数的变化(2015)  
Fig.3 Dynamics of N, P and K accumulation in cotton plant, reproductive organs, and economic coefficient of N, P and K in 2015.

铃数、铃重、衣分、籽棉和皮棉产量均较高,而5月10日播期下尽管实际收获密度最大,花铃期最长,但是营养生长期和生育期最短,铃期日均温最低,不利于棉铃发育,最终单株铃数、群体铃数、铃重和衣分最低,相应籽棉和皮棉产量也最低.说明该地区4月20—30日播种棉花较易获得高产,此时产量的进一步提高应以提高成苗数和单株铃数为基础,5月10日播种不易获得高产.此外,播期推迟亦导致霜前花率降低.这与李新建等<sup>[22]</sup>的研究结果一致.分析当地多年气象资料可知,该地区4月下旬和5月上旬极易出现霜冻天气,4月20日播期下棉田地温较低,种子萌发期极易遭遇冷害而降低成苗率<sup>[23]</sup>,而5月10日播期棉花虽可避开萌发期低温,但产量偏低.因此,从气候和产量的角度考虑,推荐4月30日为最佳播期.

播期不同导致棉铃发育期间温度的差异,棉铃发育期日均温是影响纤维发育及纤维品质形成的主要因子<sup>[24]</sup>.本研究中,4月20日和30日播期下棉花纤维长度、断裂比强度和马克隆值均较优,而5月

10日播期下纤维品质最差.这可能与4月20日和30日播期下棉铃发育期日均温相对较高,5月10日播期下棉铃发育期日均温较低有关(图1).较低日均温抑制棉纤维中蔗糖转化率、 $\beta$ -1,3-葡聚糖转化率及纤维素合成,最终降低纤维比强度<sup>[25]</sup>,而低温也导致棉花成熟度降低,进而降低马克隆值<sup>[26]</sup>.

棉株中养分向生殖器官的运输与产量和品质形成密切相关<sup>[27]</sup>,播期推迟导致各生育期出现时间推迟、生育期缩短,同时影响到棉株干物质累积和养分吸收与分配<sup>[28]</sup>.本研究中,8月15日之后,4月20日播期下棉株生殖器官生物量增幅变缓,而5月10日播期棉株仍保持相对较高的增长速率,说明5月10日播期下棉铃发育期相对较迟.这也与其霜前花率最低相符.生殖器官养分积累量与产量密切相关<sup>[19]</sup>,本研究中,4月30日播期下生殖器官养分积累量最高,4月20日播期次之,5月10日播期最低,而整株养分积累量基本表现为4月30日和5月10日播期下较高.4月20日播期下最低,这表明5月10日播期下养分向营养器官分配的比例升高,最终

每生产 100 kg 皮棉所需吸收的养分量最高, 养分皮棉生产效率最低, 而 4 月 30 日播期下养分在营养器官中分配比例相对较高, 每生产 100 kg 皮棉所需吸收的养分量最低, 养分皮棉生产效率最高。因此, 综合分析各播期下棉花生长期的气候因子、霜前花比例、籽棉和皮棉产量、品质、养分吸收分配和利用效率, 推荐 4 月 30 日为最佳播期。

综上所述, 播期影响棉花产量和品质形成及养分累积与分配, 4 月 30 日播期为该地区适宜播期, 此时棉花收获密度适中, 生物量和养分经济系数较高, 最终产量最高, 品质较优; 播期较早, 容易遭遇低温冷害, 降低成苗率, 导致收获密度偏低, 虽然生物量和养分经济系数最高, 但最终产量偏低; 播期较晚虽然可以避开种子萌发期低温冷害, 但棉铃发育期日均温、生物量和养分经济系数、养分皮棉生产效率最低, 最终产量最低, 纤维品质最差。

#### 参考文献

- [1] Hou Q (侯 琼), Guo R-Q (郭瑞清), Yang L-T (杨丽桃). Climate change and its impact on main crops in Inner Mongolia. *Chinese Journal of Agrometeorology* (中国农业气象), 2009, **30**(4): 560–564 (in Chinese)
- [2] Zheng L (郑 磊), Wang Y-Q (王耀强), Yang Q-Y (杨茜雅). The space-time variation characteristics of reference evapotranspiration in Inner Mongolia. *Hubei Agricultural Science* (湖北农业科学), 2014, **53**(12): 2780–2783 (in Chinese)
- [3] Davidonis GH, Johnson AS, Landivar JA, *et al.* Cotton fiber quality is related to boll location and planting date. *Agronomy Journal*, 2004, **96**: 42–47
- [4] Zhao X-H (赵新华), Shu H-M (束红梅), Wang Y-H (王友华), *et al.* Effects of sowing date on accumulation and distribution of biomass and nitrogen in cotton bolls. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2010, **36**(10): 1707–1714 (in Chinese)
- [5] Jalotaa SK, Buttarb GS, Sood A, *et al.* Effects of sowing date, tillage and residue management on productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.)-wheat (*Triticum aestivum* L.) system in northwest India. *Soil and Tillage Research*, 2008, **99**: 76–83
- [6] Bozbek T, Sezener V, Unay A. The effect of sowing date and plant density on cotton yield. *Journal of Agronomy*, 2006, **5**: 122–125
- [7] Arshad M, Wajid A, Maqsood M, *et al.* Response of growth, yield and quality of different cotton cultivars to sowing dates. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 2007, **44**: 208–212
- [8] Shu HM, Zhou ZG, Xu NY, *et al.* Sucrose metabolism in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fibre under low temperature during fibre development. *European Journal of Agronomy*, 2009, **31**: 61–68
- [9] Zhao WQ, Wang YH, Zhou ZG, *et al.* Effect of nitrogen rates and flowering dates on fiber quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *American Journal of Experimental Agriculture*, 2012, **2**: 133–159
- [10] Han H-T (韩海涛), Hu W-C (胡文超), Si J-H (司建华), *et al.* Multi-time scale analysis of climate change in desert areas of Alashan during 1961–2005. *Chinese Journal of Agrometeorology* (中国农业气象), 2008, **29**(2): 139–142 (in Chinese)
- [11] Dong HZ, Kong W, Li W, *et al.* Effects of plant density and nitrogen and potassium fertilization on cotton yield and uptake of major nutrients in two field with varying fertility. *Field Crops Research*, 2010, **119**: 106–113
- [12] Zhang G-W (张国伟), Yang C-Q (杨长琴), Liu R-X (刘瑞显), *et al.* Effects of nitrogen application rates on nitrogen uptake and utilization of direct-seeded cotton after wheat harvest. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2016, **27**(1): 157–164 (in Chinese)
- [13] Li Y (李 勇), Wang F (王 峰), Sun J-S (孙景生), *et al.* Coupling effect of water and nitrogen on mechanically harvested cotton with drip irrigation under plastic film in arid area of western Inner Mongolia, China. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2016, **27**(3): 845–854 (in Chinese)
- [14] Li Y (李 勇), Wang F (王 峰), Sun J-S (孙景生), *et al.* Effects of irrigation amount on root growth and yield of mechanical-harvesting cotton under mulched drip irrigation in Inner Mongolia west desert area. *Journal of Irrigation and Drainage* (灌溉排水学报), 2015, **34**(11): 18–23 (in Chinese)
- [15] Li H-S (李合生), Sun Q (孙 群), Zhao S-J (赵世杰), *et al.* The Experiment Principle and Technique on Plant Physiology and Biochemistry. Beijing: Higher Education Press, 2000: 98–120 (in Chinese)
- [16] Zheng YH, Wang ZL, Sun XZ, *et al.* Higher salinity tolerance cultivars of winter wheat relieved senescence at reproductive stage. *Environmental and Experimental Botany*, 2008, **62**: 129–138
- [17] Zhang F (张 凡), Sui N (睢 宁), Yu C-R (于超然), *et al.* Effects of wheat straw returning and potassium fertilizer application on yield and nutrients uptake of cotton. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2014, **40**(12): 2169–2175 (in Chinese)
- [18] Dong HZ, Li WJ, Tang W, *et al.* Yield, quality and leaf senescence of cotton grown at varying planting dates and plant densities in the Yellow River Valley of China. *Field Crops Research*, 2006, **98**: 106–115
- [19] Zou F-G (邹芳刚), Zhang G-W (张国伟), Wang Y-H (王友华), *et al.* Effect of nitrogen application amounts on uptake and utilization of potassium in cotton grown in improved coastal saline land regions. *Acta Agronomica Sinica* (作物学报), 2015, **41**(1): 82–90 (in Chinese)
- [20] Zhang W-F (张旺锋), Wang Z-L (王振林), Yu S-L (余松烈), *et al.* Effects of planting density on canopy photosynthesis, canopy structure and yield formation of high-yielded cotton in Xinjiang, China. *Acta Phytocoe-*

*logica Sinica* (植物生态学报), 2004, **28**(2): 164–171 (in Chinese)

[21] Wang K-R (王克如), Li S-K (李少昆), Cao L-P (曹连莆), *et al.* A preliminary study on dynamics and models of N, P, K absorption in high yield cotton in Xinjiang. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2003, **36**(7): 775–780 (in Chinese)

[22] Li X-J (李新建), Mao W-F (毛炜峰), Yang J-F (杨举芳), *et al.* Characterization of growth-delayed cotton cool damage by heat index in the northern Xinjiang. *Cotton Science* (棉花学报), 2005, **17**(2): 88–93 (in Chinese)

[23] Chen C (陈 超), Zhou G-S (周广胜). Characteristics of air temperature and ground temperature in Alxa Left Banner from 1961 to 2010. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2014, **29**(1): 91–103 (in Chinese)

[24] Chen J, Lv F, Liu J, *et al.* Effects of different planting dates and low light on cotton fibre length formation. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2014, **36**: 2581–2595

[25] Wang YH, Shu HM, Chen BL, *et al.* The rate of cellu-

lose increase is highly related to cotton fibre strength and is significantly determined by its genetic background and boll period temperature. *Plant Growth Regulation*, 2009, **57**: 203–209

[26] Yeatesa SJ, Constableb GA, Mccumstie T. Irrigated cotton in the tropical dry season. III. Impact of temperature, cultivar and sowing date on fibre quality. *Field Crops Research*, 2010, **116**: 300–307

[27] Gormus O, Yucel C. Different planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties in the Cukurova region, Turkey. *Field Crops Research*, 2002, **78**: 141–149

[28] Bauer PJ, May OL, Camberato JJ. Planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties. *Journal of Production Agriculture*, 1997, **11**: 415–420

---

作者简介 张国伟,男,1981 年生,副研究员.主要从事棉花栽培生理生态研究. E-mail: zgw\_0721@ 163.com

责任编辑 张凤丽

---