

# 非充分滴灌分配对等行距机采棉生长特性、 产量及水分利用率的影响

阿不都卡地尔·库尔班<sup>1</sup>, 杨培<sup>1</sup>, 李健伟<sup>1</sup>, 张巨松<sup>1</sup>,  
郭仁松<sup>2</sup>, 林涛<sup>2</sup>, 崔建平<sup>2</sup>

(1.新疆农业大学教育部棉花工程研究中心,新疆 乌鲁木齐 830052;2.新疆农业科学院经济作物研究所,新疆 乌鲁木齐 830091)

**摘要:**以棉花品种新陆中54号为试材,采用裂区试验设计,主区为滴灌周期分别为7天1次(T1)和10天1次(T2),副区为3个滴灌频次:6次(D6)、7次(D7)、8次(D8),研究等行距机采棉最适宜非充分滴灌周期与频次。结果表明:同一滴灌频次下,生育进程随着滴灌周期的增加而明显延迟,真叶数和有效果枝数随着滴灌周期的增加而增加,株高和倒四叶宽随着滴灌周期的增加呈增加的趋势;同一滴灌周期下,真叶数和主茎节间长随着滴灌频次的增加而增加,株高和倒四叶宽随着滴灌频次的增加而略有降低;有效果枝、LAI、SPAD值、现蕾数、成铃数随着滴灌频次的增加呈先升后降的趋势,以D7处理较高,生长特征值较为协调;滴灌周期处理间,单铃重、皮棉产量及水利用效率差异不显著,但随着滴灌频次的增加其呈先增后降的趋势,以D7处理最高,分别比D6、D8平均增产12.7%、13.5%,水分利用效率分别提高了12.9%、13.7%。因此,在南疆阿克苏地区,等行距机采棉滴灌周期为10天1次条件下,滴灌频次为7次适宜。

**关键词:**非充分滴灌;机采棉;生长特性;产量;水分利用率

中图分类号:S562;S275.6 文献标志码:A

## Effects of insufficient drip irrigation distribution on growth, yield, and water use efficiency of cotton being picked with equal spacing machine

Abudukadier Kuerban<sup>1</sup>, YANG Pei<sup>1</sup>, LI Jian-wei<sup>1</sup>, ZHANG Ju-song<sup>1</sup>, GUO Ren-song<sup>2</sup>, LIN Tao<sup>2</sup>, CUI Jian-ping<sup>2</sup>

(1. Research Center of Cotton Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

2. Institute of Economic Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

**Abstract:** In order to explore the irrigation effect on cotton variety, ‘Xinluzhong54’ for optimal insufficient drip irrigation period and frequency of row cotton picker machine, we used a split design with treatments T1 (7 days, 1 times) and T2 (10 days, 1 times) and sub regions with 3 drip irrigation frequency, D6 (6 times), D7 (7 times), D8 (8 times). The results showed that under the same irrigation frequency, the growth were significantly delayed with increasing irrigation period while number of leaves and effective branches, plant height, and leaf width increased with increasing irrigation period. Under the same irrigation period, number of leaves and length of internode increased but plant height and leaf width slightly decreased with increasing irrigation frequency. LAI, SPAD, and number of effective branches, number of buds and bolls increased first followed by decrease with increasing drip irrigation frequency. The growth characteristics were more optimal and single bell weight, lint yield, and water use efficiency were not significantly different. As the irrigation frequency increased, the treatment D7 resulted in the highest increase in cotton yield more than 12.7% and 13.5% than D6 and D8, respectively. The water use efficiency in D7 also increased by 12.9% and 13.7% than that in D6 and D8, respectively. Therefore, in the Akesu area of southern Xinjiang, the optimal frequency of drip irrigation is 7 (Times) of the drip irrigation frequency and an irri-

收稿日期:2017-12-30

修回日期:2018-04-10

基金项目:国家重点研发项目“南疆地方早中熟棉花配套关键栽培技术研究”(2017YE0101605-05);自治区重点研发专项“机采棉机艺融合高效关键配套技术及产品研发”(2016B01001-2);2017年度新疆农业大学研究生科研创新项目(XJAUGR2017-012)

作者简介:阿不都卡地尔·库尔班(1992-),男(维吾尔族),新疆阿图什人,硕士研究生,主要从事棉花高产栽培生理生态研究。E-mail:  
xjndkader@126.com

gation period of 10 days, 1 times.

**Keywords:** insufficient drip irrigation; mechanical cotton; growth characteristics; yield; water use efficiency

新疆是我国最大的内陆灌溉棉区,光热资源充足,十分适宜棉花产业的发展<sup>[1]</sup>。但新疆棉区年降雨量少,尤其是南疆地区年降雨量不足100 mm,农业生产对灌溉水的需求大,水资源紧缺已成为新疆绿洲区制约作物产量和农业发展的重要因素<sup>[2]</sup>。针对水资源紧缺且用水效率低下的普遍性而提出了非充分灌溉<sup>[3]</sup>。研究表明,适度的水分亏缺使作物具有适应性和补偿性且有利于作物生长及产量的形成<sup>[4-6]</sup>。膜下滴灌技术具有现代化的节水、增肥保肥、增产、增效和改善作物品质等优点,促进了新疆棉花产业的发展<sup>[7-10]</sup>。非充分滴灌( $2\ 800\ m^3 \cdot hm^{-2}$ )与常规滴灌( $3\ 800\ m^3 \cdot hm^{-2}$ )在棉花单铃重和皮棉产量上差异不显著<sup>[11]</sup>。如何合理分配滴灌周期与频次是在非充分滴灌中实现机采棉花既节水又高产的关键问题。

等行距机采种植模式作为一种新的种植模式。研究表明,可以达到优化棉花的冠层结构的目的,使棉花生育后期植株间通风透光,很大程度上增强群体光合作用,增加结铃数和单铃重,显著提高机采杂交棉籽棉和皮棉产量<sup>[12-14]</sup>。前人在常规滴灌下滴灌周期与频次的合理分配研究较多,但在非充分滴灌下滴灌周期与频次相结合对等行距机采棉生长发育的影响方面还鲜见报道。因此,本试验针对非充分滴灌周期与频次对等行距机采棉生长发育、产量及水分利用率的影响进行研究,以期为干旱地区等行距机采棉滴灌高效管理技术提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于2017年4-10月在新疆维吾尔自治区阿

瓦提县长绒棉综合培育试验中心进行。试验中心位于塔里木盆地西北沿,处于东经 $80^{\circ}44'$ ,北纬 $40^{\circ}06'$ ,海拔1 025 m,地势平坦,坡度 $<1^{\circ}$ ;属暖温带大陆性气候,无霜期183~227 d,多年平均气温10.4℃,全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温3 987.7℃,多年平均降水量46.7 mm,多年平均蒸发量1 890.7 mm,年日照时数为2 750~3 029 h;试验地土质为砂壤土,供试土壤养分状况见表1。

### 1.2 试验方案

采用裂区试验设计,主区设2个滴灌周期,分别为T1(7天1次,CK),T2(10天1次),副区设3个滴灌频次,分别为D6(6次)、D7(7次)、D8(8次,CK);总的滴灌量为 $2\ 800\ m^3 \cdot hm^{-2}$ 。供试棉花品种为‘新陆中54号’,采用一膜三行等行距机采棉种植模式,行距为76 cm,株距为6 cm,理论密度为21.93万株 $\cdot hm^{-2}$ ,幅宽2.3 m;小区面积(3膜)为44.85 m<sup>2</sup>,重复3次,总占地面积为869.4 m<sup>2</sup>。

根据棉花生育期需水情况,试验分别进行6、7、8次滴灌,每次灌水量由水表控制。滴灌时间与滴灌量见表2、表3。施用的肥料为尿素(N 46%)、三料磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%)和硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%)。基肥:尿素施用总量的20%,三料磷肥施用 $150\ kg \cdot hm^{-2}$ ,硫酸钾施用 $75\ kg \cdot hm^{-2}$ ;追肥:全部施用尿素(总量的80%)前6次灌水以一水一肥形式施肥。

表1 供试土壤基本化学性质

Table 1 Basic chemical properties of study soil

土层深度 Soil depth /cm	pH	有机质 Organic matter	水解性氮 Available N	有效磷 Available P	速效钾 Available K
0~20	7.2	6.6	49.2	26.9	102
20~40	7.2	4.1	34.4	20.4	122
40~60	7.3	2.8	27.2	1.6	160

表2 滴灌方案

Table 2 Drip irrigation scheme

滴灌周期 Drip irrigation cycle	滴灌频次/次 Frequency of drip irrigation	滴灌日间(m-d) Drip irrigation time						
		06-21	06-28	07-05	07-12	07-19	07-26	
7天1次(T1) 7 days, 1 times	6(D6)							
	7(D7)	06-21	06-28	07-05	07-12	07-19	07-26	08-02
	8(D8)	06-21	06-28	07-05	07-12	07-19	07-26	08-09
10天1次(T2) 10 days, 1 times	6(D6)	06-21	07-01	07-11	07-21	07-31	08-10	
	7(D7)	06-21	07-01	07-11	07-21	07-31	08-10	08-20
	8(D8)	06-21	07-01	07-11	07-21	07-31	08-10	08-30

表3 各试验处理滴灌量  
Table 3 Irrigation requirement

滴灌周期 Drip irrigation cycle	滴灌频次 Frequency of drip irrigation	滴灌量 Irrigation quantity $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$						总滴灌量 Total drip irrigation $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$
		D6	280	560	560	560	560	
T1	D7	280	420	420	560	420	420	2800
	D8	280	280	420	420	420	420	2800
	D6	280	560	560	560	560	280	2800
T2	D7	280	420	420	560	420	420	2800
	D8	280	280	420	420	420	280	2800

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 生育时期 记载苗期、盛蕾期、初花期、盛花期、盛铃期、吐絮期的日期,各生育时期的确定以达到调查数量50%为标准。

1.3.2 农艺性状 自现蕾开始调查现蕾数、成铃数,在8月25日调查株高、真叶数、主茎到3叶宽、茎粗、果枝数等主要农艺性状。在定点区域选择长势均匀具有代表性连续10株棉花,内外行各5株,取平均值。

1.3.3 SPAD值 采用SPAD-502叶绿素速测仪(日本产),每10天测定各处理定点的6株棉花主茎功能叶片(打顶前倒四叶,打顶后倒三叶)的叶绿素含量;每个叶片取五点进行测量,每处理重复3次,以10片功能叶的叶绿素含量的平均值为该处理的SPAD值。

1.3.4 经济产量 吐絮后对每小区株数和铃数记数,选取有代表性的棉株,分上(30朵)、中(40朵)、下(30朵)取样,测其铃重和衣分,重复3次。

1.3.5 水分利用效率(WUE)  $\text{WUE}(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}) = \text{总产量(籽棉产量)} / \text{总灌水量}$ 。

### 1.4 数据分析

采用SPSS 19.0进行统计分析,方差分析均为0.05水平,采用Duncan新复极差多重比较法并用Excel 2010作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 非充分滴灌周期与频次对机采棉生育进程的影响

如表4、表5所示,不同处理间生育进程在初花期前差异不大,初花期后差异较显著。同一滴灌频次处理下,生育进程随着滴灌周期的延长而明显推迟,滴灌周期T1处理比T2处理提前了1~11 d;就整个生育期来看,滴灌周期T1处理比T2处理均提前4~6 d。同一滴灌周期下,在初花期后,生育进程随着滴灌频次的增加而呈现先增后降趋势。D6、D8较D7处理分别提前5~6、2~3 d;从整个生育期来

看,D6、D8较D7处理分别提前6、2~3 d。说明了D6、D8处理自盛铃后出现轻度早衰现象,至吐絮期D6处理出现严重早衰。

### 2.2 非充分滴灌周期与频次对机采棉农艺性状的影响

由表6可知,同一滴灌频次处理下,随着滴灌周期的延长,株高、主茎节间长、倒四叶宽降低,真叶数反而增加,果枝数、有效果枝数则无显著差异。同一滴灌周期下,株高和倒四叶宽随着滴灌频次的增加而降低,均表现为D6>D7>D8,主茎节间长和真叶数随着滴灌频次的增加而增加,均表现为D8>D7>D6,果枝数和有效果枝数均表现D7处理优于其余两个处理。综上所述,滴灌周期T2处理虽然株高较T1处理低,但真叶数和有效果枝数优于T1处理,且增加效果明显;滴灌频次间D7处理表现最优。

### 2.3 非充分滴灌周期与频次对机采棉叶面积指数(LAI)的影响

叶面积指数(LAI)是衡量棉花群体冠层结构是否合理的重要指标之一<sup>[15]</sup>。如图1所示,在初花期各处理差异不大,初花期后各处理差异显著。同一滴灌频次下,随着滴灌周期的延长,LAI呈现降低趋势,滴灌周期T1处理对T2处理而言LAI平均降低了11%。同一滴灌周期下,LAI随滴灌频次的增加呈先上升后下降的趋势(除吐絮期外),在盛铃期达到最大值,各滴灌频次处理LAI均表现为D7>D6>D8。在滴灌周期T1处理下D7处理LAI较D6、D8处理分别增加了8.2%、16.9%。在滴灌周期T2处理下D7处理LAI较D6、D8处理分别增加了5.4%、15.9%。至吐絮期,各滴灌频次处理LAI均表现为D8>D7>D6,在滴灌周期T1处理下D8处理LAI较D7、D6处理分别增加了14.8%、31.7%,在滴灌周期T2处理下D8处理LAI较D7、D6处理分别增加了2.8%、11.7%。说明滴灌周期T2处理下D7处理更有利于建成良好的冠层结构,提高光能利用率,为产量的提高奠定了良好的基出。

表4 不同处理下棉花生育进程(m-d)

Table 4 The growth of cotton under different treatments

滴灌周期 Drip irrigation cycle	滴灌频次 Frequency of drip irrigation	盛蕾期 Full squaring stage	初花期 Early flowering stage	盛花期 Full flowers stage	盛铃期 Full bolls stage	吐絮期 Opening bolls stage
T1	D6	06-13	06-29	07-11	07-26	09-02
	D7	06-13	06-28	07-10	07-28	09-08
	D8	06-13	06-27	07-09	07-24	09-06
T2	D6	06-13	06-28	07-13	07-30	09-07
	D7	06-13	06-28	07-12	07-31	09-13
	D8	06-13	06-28	07-10	07-28	09-10

表5 不同处理下棉花生育期/d

Table 5 The comparison of cotton growth stages under different treatments

滴灌周期 Drip irrigation cycle	滴灌频次 Frequency of drip irrigation	盛蕾~初花 Full squaring~early flowering	初花~盛花 Early flowering~full flowers	盛花~盛铃 Full flowers~full bolls	盛铃~吐絮 Full bolls~opening bolls	生育期 Growth period
T1	D6	16	12	15	38	130
	D7	15	12	18	42	136
	D8	14	12	15	44	134
T2	D6	15	15	17	39	135
	D7	15	14	19	44	141
	D8	15	12	18	44	138

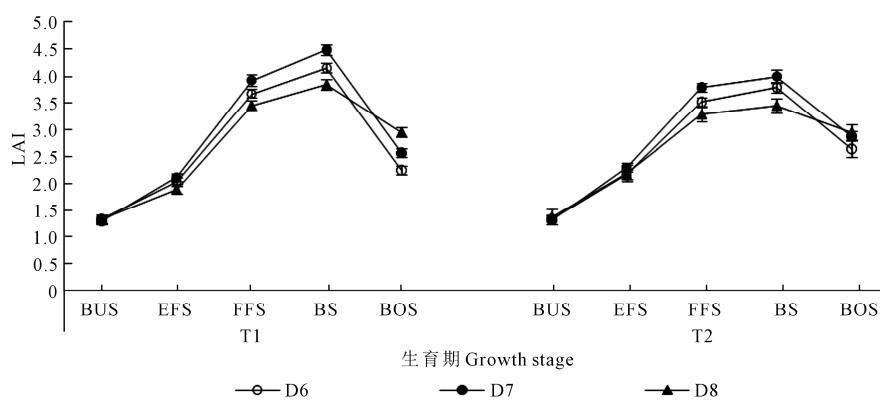
表6 不同处理下棉花农艺性状比较

Table 6 The comparison of cotton agronomic characteristics under different treatments

滴灌周期 Drip irrigation cycle	滴灌频次 Frequency of drip irrigation	株高/cm Plant height	主茎节间长/cm Length of internodes	真叶数 Number of leaves	倒四叶宽/cm Function leaf width	果枝数 Number fruit branch	有效果枝数 Effective fruit branch number
T1	D6	78.5a	5.1bc	10.8b	12.6a	9.8b	4.8a
	D7	77.5ab	5.4ab	11.2b	11.7ab	10.8a	5.3a
	D8	73.0abc	5.5a	12.3ab	11.1b	9.7b	5.0a
T2	D6	72.2bc	4.8c	12.7ab	11.6ab	10.2ab	5.2a
	D7	70.5c	5.0c	13.3a	10.5bc	10.7a	5.5a
	D8	68.5c	5.1c	13.7a	9.8c	9.7b	5.0a

注:不同小写字母表示差异达  $P<0.05$  显著水平,下同。

Note: different lowercase letters mean significant differences at  $P<0.05$ , the same below.



注:BUS—盛蕾期;EFS—初花期;FFS—盛花期;BS—盛铃期;BOS—吐絮期。下同。

Note: BUS—budding stage; EFS—early flowering stage; FFS—full flowering stage; BS—boll stage; BOS—boll opening stage. The same below.

图1 不同处理下棉花叶面积指数(LAI)的变化

Fig.1 The comparison of cotton LAI under different treatments

## 2.4 非充分滴灌周期与频次对机采棉 SPAD 值的影响

由图 2 可以看出, 机采棉 SPAD 值随生育进程的延长呈先升后降的趋势。同一滴灌频次下, 滴灌周期 T1 处理比 T2 处理 SPAD 值在现蕾至盛蕾均增加了 1.4~3.9, 在吐絮期反而平均降低了 1.1~1.6。同一滴灌周期下, SPAD 值随着滴灌频次的增加呈先增后降的单峰曲线, 各处理在盛花期达到峰值, 不同滴灌频次处理表现为 D7>D6>D8, 而在吐絮期则表现为 D8>D7>D6。说明滴灌周期短或滴灌频次多使机采棉叶绿素含量过多或过少, 易造成机采棉早期的旺长和贪青晚熟。

## 2.5 非充分滴灌周期与频次对机采棉三桃比例的影响

由图 3 可知, 同一滴灌频次下, 滴灌周期 T1 处理比 T2 处理伏前桃比例平均增加了 6.3%, 同一滴灌周期下, 均表现为 D6>D7>D8。伏桃比例很大程度上决定了棉花产量, 同一滴灌频次下, 滴灌周期 T1 处理比 T2 处理伏前桃比例平均降低了 4%, 同一滴灌周期下, 均表现为 D7>D8>D6。从秋桃比例来看, 同一滴灌频次下, 滴灌周期 T1 处理比 T2 处理

伏前桃比例平均降低了 2.3%, 同一滴灌周期下, 均表现为 D8>D6>D7。结果表明, 不同滴灌分配处理对棉花三桃比例有一定影响, 前中期的高滴灌量可促进伏桃的增加, 减少秋桃, 降低提前停止滴灌对棉花产生的不利影响, 从而提高产量。

## 2.6 非充分滴灌周期与频次对机采棉蕾铃消长动态的影响

由图 4 可知, 同一滴灌频次下, 随着滴灌周期的延长, 现蕾数呈现降低趋势, 滴灌周期 T2 处理比 T1 处理现蕾数平均降低了 0.97 个·株<sup>-1</sup>。同一滴灌周期下, 随着滴灌频次的增加, 现蕾数呈现为先增后降的趋势, 初花期达到峰值, 各处理现蕾数均表现为 D7>D6>D8。由图 4 可知, 同一滴灌频次下, 随着滴灌周期的增加成铃数量呈增加趋势, 滴灌周期 T2 处理比 T1 处理成铃数均增加了 0.54 个·株<sup>-1</sup>。同一滴灌周期下, 随着滴灌频次的增加, 成铃数呈现为先增后降趋势, 盛铃期达到峰值, 滴灌周期 T1 处理成铃数均表现为 D7>D8>D6, 滴灌周期 T2 处理成铃数均表现为 D7>D6>D8。综上所述, 不同处理蕾铃消长情况表现为此消彼长的关系, 成铃数均表现为滴灌周期 T2 处理下 D7 处理增加幅度最大, 对滴

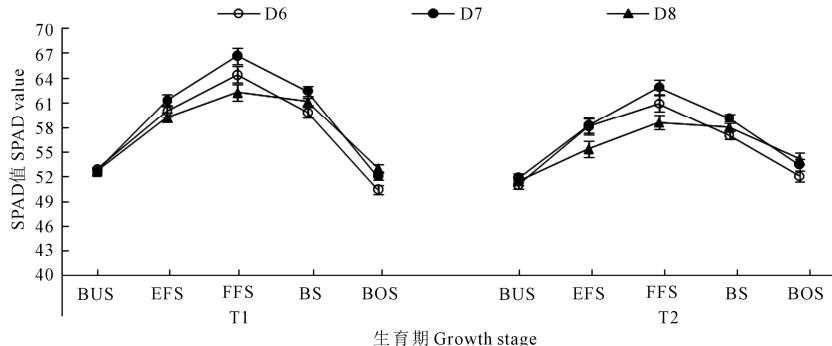
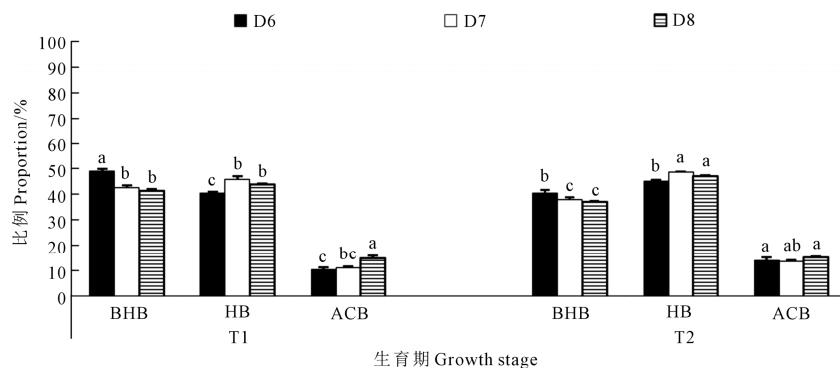


图 2 不同处理下棉花 SPAD 值的变化

Fig.2 The comparison of cotton SPAD value under different treatments



注: BHB—伏前桃; HB—伏桃; ACB—秋桃。

Note: BHB—before hot boll; HB—hot boll; ACB—autumn cotton boll.

## 图 3 不同处理下棉花三桃比例的变化

Fig.3 Changes of cotton three peach ratios under different treatments

灌周期 T1 处理下 D7 处理而言成铃数增加了 2.15%，说明较多的现蕾数与成铃数是获得产量的关键。

## 2.7 非充分滴灌分配对机采棉产量及水分利用率的影响

如表 6 所示,各处理等行距机采棉花单株结铃数、单铃重两个产量构成因素差异达到显著水平( $P < 0.05$ ),收获株数、衣分无显著差异( $P > 0.05$ )。同一滴灌频次下,滴灌周期 T1 处理比 T2 处理籽棉、皮棉产量平均降低了  $88.12\sim617.68 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $82.86\sim252.23 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。同一滴灌周期下,不同处理随着滴灌频次的增加单株结铃数与籽棉、皮棉产量呈先增后降的趋势,在滴灌周期 T1 处理下,不同滴灌频次处理表现为 D7>D8>D6,D7 处理较 D6、D8 处理单株结铃数分别增加了 0.54、0.28 个·株<sup>-1</sup>,籽棉产量分别增加了 17.8%、11.1%;在灌水周期 T2 处理下,不同灌水频次处理表现为 D7>D6>D8,D7 处理较 D6、D8 处理单株结铃数分别增加了 0.24、0.37 个·株<sup>-1</sup>,籽棉产量分别增加了 7.5%、15.9%。在水分利用率方面,同一滴灌频次下,滴灌周期 T2 处理比 T1 处理增加了 3%。滴灌周期 T1 处理下,不同滴灌频次表现为 D7>D8>D6,D7 处理较 D6、D8 处理水分利用率分别增加了 18.0%、11.3%。滴灌周期 T2 处理下,不同滴灌频次表现为 D7>D6>D8,D7 处理较 D6、D8 处理水分利用率分别增加了 7.7%、

16.0%。说明滴灌周期 T2 处理与 D7 滴灌频次处理组合水利用效率最高,且增产效果最优。

## 3 讨论与结论

大量研究表明,不同滴灌处理对棉花地上部分生长发育有明显影响,且产量有显著差异,水分亏缺会破坏棉花叶片结构与功能,加快叶片衰老速度,降低棉花叶面积指数以及叶绿素含量<sup>[16-18]</sup>,影响经济产量的形成<sup>[19]</sup>。且花铃期的水分胁迫会影响棉花抗旱能力,使棉花受到伤害的可能性更大<sup>[18]</sup>。本研究表明,在初花期后,生育进程随着滴灌周期的增加而明显延迟,从整个生育期来看,滴灌周期 T2 处理平均延迟 5 d。同一滴灌周期下,D6、D8 自初花后出现轻度早衰现象,至吐絮期 D6 处理出现严重早衰,不利于产量形成。机采棉的农艺性状指标不仅可以衡量株型结构的合理性,且对棉花产量有重要影响<sup>[20]</sup>。本研究表明,同一滴灌频次下,株高、主茎节间长、倒四叶宽随着滴灌周期的延长而降低,与王一民的结论相似<sup>[21]</sup>。但真叶片数反而增加,果枝数、有效果枝数则无显著差异。同一滴灌周期下,株高和倒四叶宽随着滴灌频次的增加而降低,此与李淦结论相似<sup>[20]</sup>。叶面积指数(LAI)是衡量棉花群体冠层结构的重要衡量指标之一<sup>[15]</sup>。研究表明,随着滴灌周期的延长,LAI 呈现降低趋势。

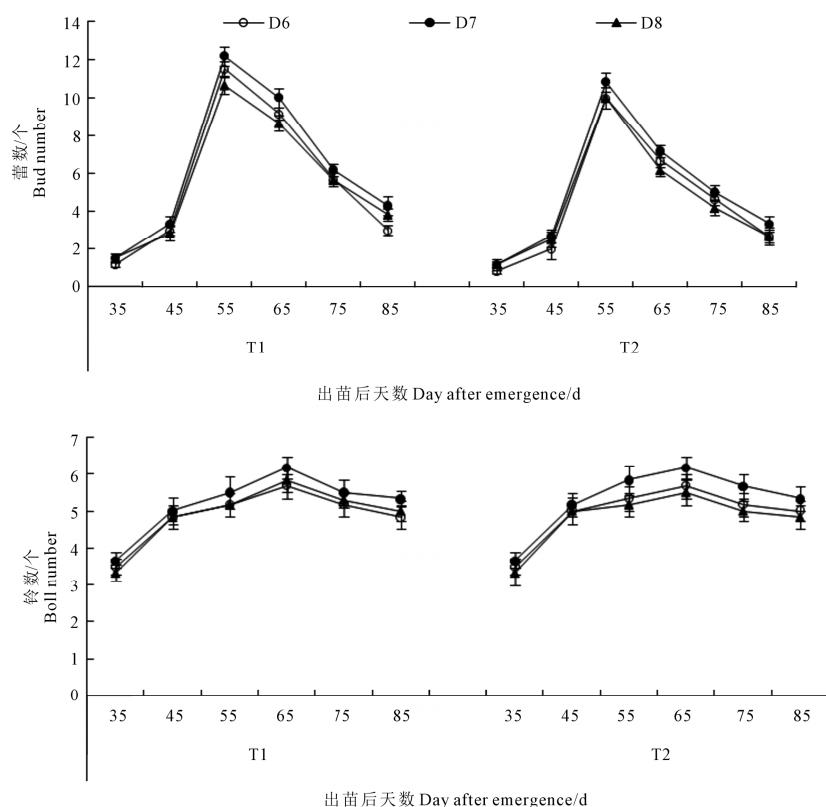


图 4 不同处理下棉花蕾铃数的变化

Fig.4 The changes of bud numbers and boll numbers under different treatments

表7 不同处理对棉花产量及水分利用率的影响

Table 7 Effects of different treatments on theyield and water use efficiency of cotton

Drip irrigation cycle	滴灌周期 Frequency of drip irrigation	收获密度/(10 <sup>4</sup> 株·hm <sup>-2</sup> ) Harvested density / (10 <sup>4</sup> plant · hm <sup>-2</sup> )	单株铃数 Bolls number per plant	单铃重/g Boll weight	衣分/% Lint percentage	皮棉产量 Lint yield / (kg · hm <sup>-2</sup> )	水分利用率 WUE/%
T1	D6	19.94a	4.71d	5.96ab	45.27bc	2515.15c	2.00d
	D7	20.39a	5.25ab	6.17a	46.85ab	3090.42a	2.36a
	D8	20.08a	4.97c	5.95ab	45.56abc	2706.44bc	2.12c
T2	D6	20.25a	5.07bc	6.05a	44.51c	2767.38b	2.22b
	D7	20.56a	5.31a	6.09a	47.46a	3173.28a	2.39a
	D8	20.08a	4.94c	5.81b	43.65c	2536.23c	2.06cd

注:不同字母分别表示  $P<5\%$  水平下显著性差异。

Note: the different letters indicate the significant difference of  $P<5\%$ .

同一滴灌周期下,不同滴灌频次处理 LAI 呈先上升后下降的趋势(除吐絮期外),在盛铃期达到最大值,此与前人研究结果一致<sup>[23]</sup>。各滴灌频次处理 LAI 均表现为 D7 处理较优。机采棉 SPAD 值随生育进程的延长呈先升后降的趋势。随着滴灌周期的延长,SPAD 值呈现降低趋势。同一滴灌周期下,不同滴灌频次处理 SPAD 值呈先上升后下降的趋势(除吐絮期外),在盛花期达到最大值,各滴灌频次处理 LAI 均表现为 D7 处理较优。至吐絮期,各滴灌频次处理 SPAD 值均表现为 D8 处理较优。此可能与最后一次滴灌而造成的贪青晚熟有关,从而导致最终产量降低。

综上所述,滴灌周期 T2 处理虽然株高、LAI 较 T1 处理略低,但真叶数、有效果枝优于 T1 处理,且增加显著;滴灌频次方面以 D7 处理下真叶数、果枝数、LAI 和 SPAD 值最高;显著提高了水分利用效率,最终有利于产量的形成。花铃期水分分配较少,导致棉株蕾铃数减少,伏桃比例降低,秋桃比例增加,而降低了棉花产量<sup>[22]</sup>。本研究表明,伏桃比例很大程度上决定了棉花产量,各滴灌周期与频次处理间,现蕾与成铃数均呈现先增后减的趋势。蕾铃消长情况均表现为滴灌周期 T2 处理下滴灌频次 D7 处理最高,有利于营养生长及时向生殖生长转化,促进最终产量的形成。两个滴灌周期间单铃重、皮棉产量及水利用效率差异不显著,但随着滴灌频次的增加其呈先增后降的趋势,以 D7 处理最高,分别比 D6、D8 平均增产 12.7%、13.5%,水分利用效率分别提高了 12.9%、13.7%。因此,在南疆阿克苏地区,等行距机采棉滴灌周期为 T2(10 天 1 次)条件下,滴灌频次为 D7(7 次)适宜。

## 参 考 文 献:

- [1] 徐飞鹏,李云开,任树梅.新疆棉花膜下滴灌技术的应用与发展的思考[J].农业工程学报,2003,19(1):25-27.
- [2] 吴立峰,张富仓,周罕觅,等.不同滴灌施肥水平对北疆棉花水分利用率和产量的影响[J].农业工程学报,2014,30(20):137-146.
- [3] 郭艳波,冯浩,吴普特.作物非充分灌溉决策指标研究进展[J].中国农学通报,2007,23(8):520-525.
- [4] Du Taisheng, Kang Shaozhong. Water use and yield responses of cotton to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China [J]. Irrigation Science, 2008, 26: 147-159.
- [5] 冯绍元,马英,霍再林,等.非充分灌溉条件下农田水分转化 SWAP 模拟[J].农业工程学报,2012, 28(4):60-68.
- [6] 陈玉民,孙景生,肖俊夫.节水灌溉的土壤水分控制标准问题研究 [J].灌溉排水,1997,16(1):24-28.
- [7] 程冬玲,林性粹,蔡焕杰.膜下滴灌技术对新疆绿洲农业持续发展的效应[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):59-62.
- [8] 高龙,田富强,倪广恒,等.膜下滴灌棉田土壤水盐分布特征及灌溉制度试验研究[J].水文学报, 2010, 41(12):1158-1165.
- [9] 张振华,蔡焕杰,杨润亚,等.膜下滴灌棉花产量和品质与作物缺水指标的关系研究[J].农业工程学报,2005,21(6):26-29.
- [10] 邵光成,俞双恩,杨道成,等.大田棉花膜下滴灌与沟灌的应用研究 [J].河海大学学报(自然科学版),2004,32(1):84-86.
- [11] 石洪亮,张巨松,严青青,等.非充分滴灌下施氮量对棉花生长特性、产量及水氮利用率的影响[J].干旱地区农业研究,2017,35(04):129-136.
- [12] 蔡晓莉,曾庆涛,刘铭义,等.机采杂交棉等行距高产机理初探[J].新疆农垦科技,2014,37(11):3-5.
- [13] 时增凯,马奇祥.北疆杂交棉宽行稀植栽培技术及其效果分析[J].中国棉花,2014,41(12):34-35.
- [14] 康鹏.一膜三行棉花保稳产、创高产制约因素分析及对策[J].农村科技,2014,(8):11-12.
- [15] 张旺锋,王振林,余松烈,等.种植密度对新疆高产棉花群体光合作用、冠层结构及产量形成的影响[J].植物生态学报,2004,28(2):164-171.
- [16] 罗宏海,朱建军,张旺锋.滴灌棉田根区水分对棉花干物质生产及水分利用效率的影响[J].新疆农业科学,2011,48(4):622-628.
- [17] 杨涛,马兴旺,王斌,等.干旱区水肥耦合对棉花光合特性和产量的影响[J].新疆农业科学,2008,(S2): 93-98.
- [18] 谷艳芳,丁圣彦,陈海生,等.干旱胁迫下冬小麦(*Triticum aestivum*)高光谱特征和生理生态响应[J].生态学报,2008,28(6):2690-2697.
- [19] 李淦,高丽丽,张巨松,等.不同灌水处理对机采棉干物质和氮素运移及产量的影响[J].棉花学报,2016,28(04):353-360.
- [20] 王一民,虎胆·吐马尔白,吴争光,等.膜下滴灌不同灌溉定额及灌水周期对棉花生长和产量的影响[J].新疆农业科学,2010,47(09):1765-1769.
- [21] 闫映宇,赵成义,盛钰,等.膜下滴灌对棉花根系、地上部分生物量及产量的影响[J].应用生态学报,2009,20(4): 970-976.
- [22] 李淦,高丽丽,张巨松,等.不同灌水处理对棉花生长发育及产量的影响[J].新疆农业科学,2016,53(6):992-998.