

膜下滴灌棉花干物质积累与耗水量关系研究

王海江, 崔 静, 侯振安, 谢海霞, 龚 江, 吕 新

(石河子大学农学院资源与环境系, 新疆 石河子 832000)

摘 要: 选用农八师试验区目前三个主栽棉花品种, 进行膜下滴灌棉花各生育时期干物质积累与耗水量关系的研究, 分析干物质积累、水分消耗的变化规律和二者之间的相关性。研究结果表明, 各生育时期干物质积累和水分消耗变化趋势符合“S”型变化规律, 干物质积累、水分消耗最大值均出现在花铃期, 其日积累量和消耗量分别为 1.52~2.95 g 和 6.84~7.14 mm。从各生育时期干物质日积累和日耗水量拟合结果来看, 其 R^2 值均大于 0.95, F 检验值达到显著水平, 说明干物质的积累量和水分的消耗具有极显著的相关性。

关键词: 膜下滴灌; 棉花; 干物质积累; 耗水量

中图分类号: S311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0083-05

新疆是膜下滴灌技术推广应用规模最大的地区, 也是水分严重缺乏的地区, 该技术已成为新疆植棉业重大支持技术之一, 并已显现出较好的经济和生态效益^[1], 2006 年膜下滴灌面积达 40 万 hm^2 , 创造了农田大面积应用滴灌的世界第一。滴灌棉花干物质积累是目前研究的热点之一, 郑德明^[2]等针对南疆高产棉田对干物质积累和生长发育的动态变化进行了研究, 伍维模^[3]认为棉花干物质和氮磷钾养分积累都可以用 Logistic 生长函数模型来模拟, 且模拟结果达到极显著水平。李艳军^[4]等对不同年代棉花品种光合特性与干物质积累做了比较研究, 张立桢等构建了基于生态生理过程的棉花光合生产与干物质积累动态模拟模型, 模型不仅具有较强的机理性而且具有较高的预测性和实用性^[5]。此外, 还有人试图利用棉花多时相遥感和高光谱数据, 通过不同波段组合的植被指数来预测棉花地上部的干物质积累, 建立基于光谱数据的棉花干物质积累回归模型, 以期为棉花生长和产量监测提供依据^[6~7]。本试验主要是针对目前新疆节水农业大面积推广及进一步提出的滴灌棉花高产栽培模式, 研究干物质积累和水分消耗之间的关系, 以期为滴灌棉田高产、水分高效利用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区设在新疆生产建设兵团农八师一四九

团, 位于天山北坡中部, 准葛尔盆地古尔班通古特沙漠南缘, 86.13°E , 44.56°N , 平均海拔高度约 310 m, 该区年降雨量 100~200 mm, 蒸发量 2 000~2 400 mm, 属典型的干旱地区。年日照 2 318~2 732 h, 无霜期 147~191 d, 该区土壤有机质含量多在 8~13 g/kg、碱解氮 30~55 mg/kg、速效磷 18~32 mg/kg、速效钾 230~360 mg/kg、有效锌 0.6~31.2 mg/kg、有效硼 1.6~2.8 mg/kg。研究区栽培模式采用膜下滴灌, 一膜四行, 株行距配置为 (55+30+55+30) cm, 宽膜栽培, 留苗 18.5~20.0 万株/ hm^2 。

1.2 测试方法

在棉花整个生育时期及播种前和收获后, 分层采集 0~100 cm (每 20 cm 一层) 土壤样品, 测定土壤水分, 水分测定方法采用烘干法; 各生育期内, 试验田中取植株样 (每个样点每次取 5 株, 重复 3 次) 测定干物质积累量, 先杀青, 以恒温烘干法测定干物质质量, 分不同器官, 用电子天平称重。

1.3 品种选择

为了更好地将研究内容与当地大田生产相结合, 本实验所选用的棉花品种为当地主栽品种, 选择品种为标杂 A1 (河南引入)、锦杂 9 号 (河南引入) 和新陆早 31 号 (新疆奎屯), 试验期间各品种灌溉、施肥以及其他田间管理措施保持一致, 旨在研究三个主栽棉花品种干物质积累和水分利用效率的差异, 为当地科学合理地选用棉花品种和有针对性地制定水分管理措施提供理论指导。

收稿日期: 2009-02-18
基金项目: 国家科技支撑计划“棉花水肥高效利用调控管理技术研究 (2006BAD21B02-2); 石河子大学高层次人才科研启动资金专项 (RCZX200722、RCZX200728)
作者简介: 王海江 (1980-), 男, 河南人, 讲师, 农学硕士, 从事农业资源高效利用研究。E-mail: whj-219@163.com。
通讯作者: 吕 新 (1964-), 男, 教授, 博士生导师, 从事绿洲农业资源高效利用研究。E-mail: lxshz@126.com。

2 结果与分析

2.1 各生育时期滴灌棉花不同器官干物质积累变化

对不同品种滴灌棉花进行各生育时期不同器官干物质积累分析表明(表 1, 图 1), 从总体变化趋势来看, 各品种棉花生长都遵循“S”型变化, 前期干物质积累较缓慢, 盛蕾、盛铃期最快, 吐絮期减缓。出苗至现蕾期, 各器官干物质积累量比例为: 根

16.87%~19.85%, 茎 22.37%~28.92%, 此时根茎比接近 1:1.4, 比郑德明等 1999 年报道的根茎比1:1 要小, 这与目前栽培措施和灌溉模式的改变有关, 也说明了滴灌模式下棉花根系部分较常规灌溉有所减弱^[8]; 叶片 53.76%~57.88%, 叶片所占比重最大, 进行光合作用强, 此阶段主要侧重营养生长。到盛花结铃期, 地上部分、地下部分干物质积累仍然增加, 根所占比重有下降趋势, 占总干重的 8.55%~

表 1 各生育时期不同器官干物质积累(g)
Table 1 Dry matter accumulation during different development stages on cotton(g)

品种 Variety	生育期 Growth stages	项目 Item	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	蕾铃 Boll	整株重 Total	日增长量 Day growth
标杂 A1 BiaozhaA1	现蕾期	干重 Dry mass(g)	2.98	4.98	9.25	0	17.21	0.37
	Squaring stage	干重/整株重(%) Dry mass/Total	17.32	28.92	53.76	0		
	开花期	干重 Dry mass(g)	4.41	10.92	11.14	2.56	29.03	0.51
	Flowering period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	15.19	37.62	38.37	8.82		
	盛花期	干重 Dry mass(g)	6.14	12.66	13.95	5.21	37.96	0.89
	Flowering period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	16.17	33.35	36.75	13.72		
	结铃期	干重 Dry mass(g)	7.78	18.80	20.91	43.51	91.00	2.95
	Boll period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	8.55	20.66	22.98	47.81		
	盛铃期	干重 Dry mass(g)	8.26	27.07	31.72	59.84	126.89	1.89
	Boll period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	6.51	21.33	25.00	47.16		
锦杂 9 号 Jinza9	吐絮期	干重 Dry mass(g)	9.51	26.13	33.21	54.50	123.35	-0.12
	Boll-opening stage	干重/整株重(%)Dry mass/Total	7.71	21.18	26.92	44.18		
	现蕾期	干重 Dry mass(g)	3.07	4.63	10.49	0	18.19	0.38
	Squaring stage	干重/整株重(%)Dry mass/Total	16.87	25.47	57.66	0		
	开花期	干重 Dry mass(g)	4.47	11.76	11.79	3.06	31.09	0.56
	Flowering period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	14.38	37.84	37.94	9.84		
	盛花期	干重 Dry mass(g)	6.24	14.07	18.27	13.76	52.35	0.78
	Flowering period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	11.92	26.88	34.91	26.29		
	结铃期	干重 Dry mass(g)	7.97	18.00	19.24	36.42	81.64	2.63
	Boll period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	9.76	22.05	23.57	44.62		
新陆早 31 号 Xinluzao31	盛铃期	干重 Dry mass(g)	8.36	29.79	21.74	69.08	128.97	1.59
	Boll period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	6.48	23.1	16.85	53.56		
	吐絮期	干重 Dry mass(g)	9.61	27.49	21.33	77.21	135.64	0.22
	Boll-opening stage	干重/整株重(%)Dry mass/Total	7.08	20.27	15.72	56.93		
	现蕾期	干重 Dry mass(g)	2.87	3.23	8.35	0	14.46	0.34
	Squaring stage	干重/整株重(%) Dry mass/Total	19.85	22.37	57.78	0		
	开花期	干重 Dry mass(g)	4.47	9.35	8.81	1.86	24.49	0.44
	Flowering period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	18.25	38.17	35.98	7.59		
	盛花期	干重 Dry mass(g)	6.24	15.37	12.25	9.50	43.36	0.79
	Flowering period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	14.39	35.45	28.25	21.91		
	结铃期	干重 Dry mass(g)	7.97	16.93	13.42	16.78	55.1	1.65
	Boll period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	14.46	30.72	24.36	30.46		
	盛铃期	干重 Dry mass(g)	8.36	22.41	15.29	37.87	83.93	1.22
	Boll period	干重/整株重(%)Dry mass/Total	9.96	26.70	18.22	45.12		
	吐絮期	干重 Dry mass(g)	9.11	21.44	17.62	54.62	102.79	0.63
	Boll-opening stage	干重/整株重(%)Dry mass/Total	8.86	20.86	17.14	53.14		

14.46%,茎、叶片的干重相比蕾期所占比例减小,占20.66%~30.72%和22.98%~24.36%,蕾铃占干重比例迅速增加,占30.46%~47.81%,此阶段进入生殖生长,是获得棉花高产的关键时期。到盛铃吐絮期根、茎、叶所占总干重比例均出现减小,分别为7.08%~8.86%、20.27%~21.18%和15.72%~26.92%,蕾铃占到整个生育期干物质比例最大值44.18%~56.93%,这与叶欣等^[9]研究的结果基本接近。从滴灌棉花干物质积累的日增长量上看,现蕾期日增长量0.37~0.38 g,随后快速增加,到盛蕾期、盛铃期日增重量达0.89~2.13 g和1.52~2.95 g,为各生育期干物质日增长量最大值,到了棉花吐絮期干物质的日增长量在-0.12~0.63 g,棉花干物质明显下降,出现负值主要是由于后期蕾铃的脱落造成。

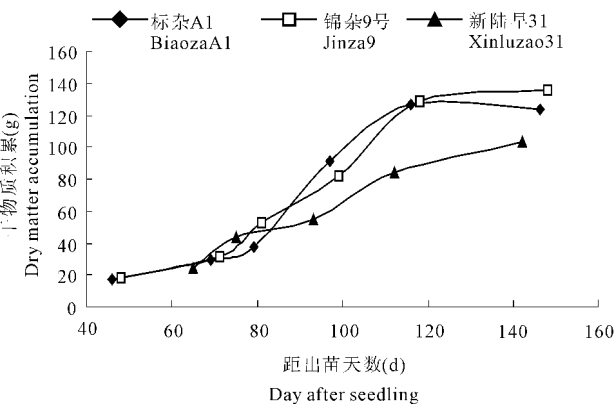


图1 不同品种棉花干物质积累量动态变化
Fig.1 The dynamics of dry matter accumulation in different cotton varieties

2.2 各生育期滴灌棉花耗水量变化

对试验棉田均以保持土壤含水率在60%~80%相对田间持水率为标准^[10,11],进行不同生育时期灌水,随水滴肥和其他田间管理措施保持一致,分别对不同品种滴灌棉花进行各生育时期土壤水分测定。根据《灌溉试验规范》(SL 13-90)规定,作物耗水量的计算式为:

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^n r_i H_i (\theta_{i1} - \theta_{i2}) + M + P + K + C \tag{1}$$

式中: ET_{1-2} 为阶段耗水量(mm); r_i 为第 i 层土壤干容重(g/cm^3); H_i 为第 i 层土壤厚度(cm); θ_{i1} 、 θ_{i2} 为第 i 层土壤在计算时段始末的含水率(干土重的百分率)。 M 、 P 、 K 、 C 分别为时段内灌水量、降雨量、地下水补给量和排水量(mm)。结合灌溉量、降雨量数

据资料,根据试验地条件,地下水补给量和排水量取值为0,得出滴灌棉田不同处理的棉花植株耗水率(mm/d)的变化过程(图2)。从数据中可以看出棉田最大蒸散量出现在花铃期,其中开花一吐絮期日均耗水量可达5.54~7.67 mm,调查7月3日~8月20日的棉田总耗水量可达330 mm,最大耗水时段为7月上旬至8月中旬。从单日最大耗水量看,5月15日~6月11日平均耗水量在4.84~5.14 mm之间,6月11日~7月3日平均耗水量在5.53~5.91 mm之间,7月3日~8月20日平均耗水量在6.84~7.14 mm之间,三块棉田在这一时期的日均耗水量都在7 mm左右,8月20日~9月20日平均耗水量在4.32~4.46 mm之间,单日耗水最高量出现在7月上旬至8月中旬。所以,从7月初至8月下旬估算耗水量,以日均7 mm计算,5 d需耗水35 mm,最大量出现7.6 mm以上时,5 d则大于35 mm,总耗水量330 mm,以每次滴水量30.0~36.5 mm计算,需滴灌9~10次,平均5~6 d天滴水一次。此结果与李富先^[12]研究的结论有差异,在日最大耗水量和总耗水量数值上要偏大,这可能与目前棉花品种的改良和高产目标的制定等因素有关。

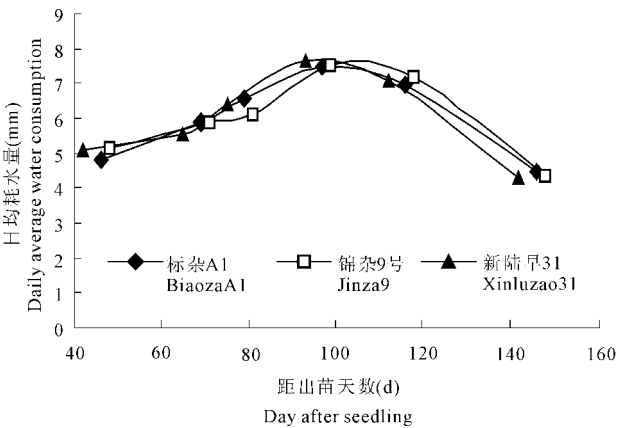


图2 不同品种棉花日耗水量动态变化
Fig.2 The dynamics of water consumption in different cotton varieties

2.3 滴灌棉花干物质积累与日耗水量的关系

从以上分析可以发现滴灌棉花不同生育时期干物质积累和耗水量变化总体趋势基本一致,在棉花生育前期干物质积累和耗水量都较小,随后迅速增加,到了棉花花铃期干物质积累和耗水量均达到最大值,棉花生长后期均有不同程度的减小。对于滴灌棉花不同生育时期的干物质日增重量和日平均耗水量进行分析,结果见图3、图4、图5。

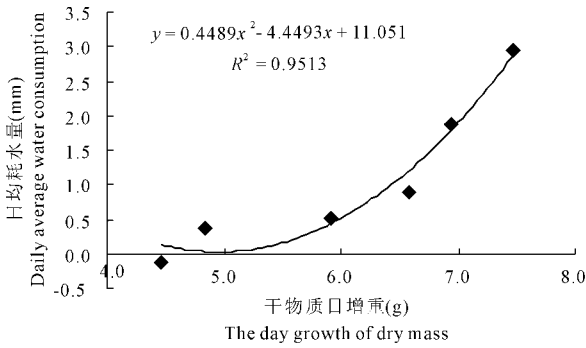


图 3 标杂 A1 干物质积累与耗水量拟合

Fig.3 The fitting results of dry matter accumulation and water consumption in hybrid cotton “Biaozha A1”

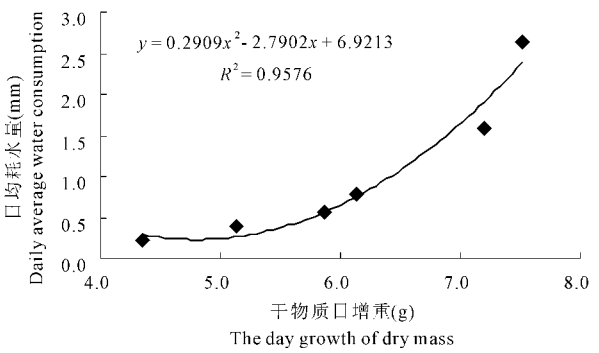


图 4 锦杂 9 号干物质积累与耗水量拟合

Fig.4 The fitting results of dry matter accumulation and water consumption in hybrid cotton “Jinza9”

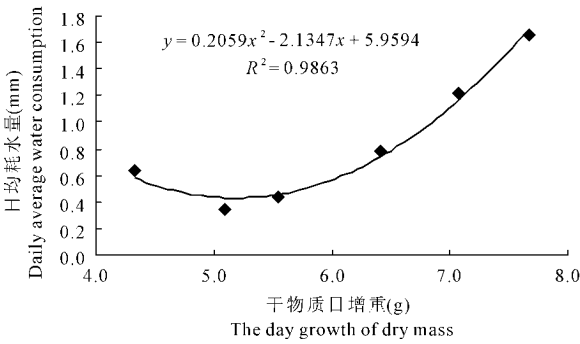


图 5 新陆早 31 号干物质积累与耗水量拟合

Fig.5 The fitting results of dry matter accumulation and water consumption in hybrid cotton “Xinluzao31”

由图分析可得:通过对不同品种滴灌棉花取样测试,不同生育时期干物质的日增重量与其日均耗水量之间存在着极显著的正相关性,方程经回归拟合^[13]其决定系数分别为 $R^2=0.9513$ 、 $R^2=0.9576$ 、 $R^2=0.9863$,品种间日增重量 F 值检验达到显著水平。棉花在现蕾期生长阶段干物质日积累较为缓慢,其日增长量为 $0.34\sim0.37\text{ g}$,日平均耗水量约为 $4.84\sim5.14\text{ mm}$,随后干物质日积累和日耗水量曲线斜率明显增大,到了花铃期达到最大值,其干物质日增重量达到 2.95 g ,日平均耗水量也达到 7.67 mm ,吐絮期棉花干物质日积累和耗水量减缓,同时,干物质日积累量数值上甚至出现负值,其主要与此生育阶段天气温度、水肥供应等多种因素造成的蕾铃脱落有关。

3 结论与讨论

1) 分析滴灌棉花不同品种各生育时期干物质积累变化,总趋势都符合“慢—快—慢”的变化规律,干物质的积累在苗期较为缓慢,随后在出苗 $70\sim80\text{ d}$ 干物质积累曲线斜率明显变大,说明干物质积累

的增长加快,最快是在开花—结铃期,到 9 月份干物质的积累速度减慢,这与这一时期棉花蕾铃的脱落有很大关系。在研究阶段,对滴灌棉花各生育期根系与茎干物质积累量统计结果表明,其根茎干物质比值比常规灌溉棉花比值要小。

2) 从单日最大耗水量看,现蕾期各试验棉田耗水量在 $4.84\sim5.14\text{ mm}$ 之间,初花期耗水量在 $5.53\sim5.91\text{ mm}$ 之间,盛花期到结铃期耗水量在 $6.84\sim7.14\text{ mm}$ 之间,在这一时期三块棉田的日均耗水量都在 7 mm 左右,到了吐絮期耗水量在 $4.32\sim4.46\text{ mm}$ 之间,有所下降,单日耗水最高量还是出现在 7 月上旬至 8 月中旬。从 7 月初至 8 月下旬估算耗水量,以日均 7 mm 计算,5 d 需耗水 35 mm ,以每次滴水量 $30.0\sim36.5\text{ mm}$ 计算,需滴灌次数 $9\sim10$ 次,平均 $5\sim6\text{ d}$ 天滴水一次。研究结果与目前当地棉田灌溉用水量、滴水频数对比分析,滴水量总量为 $4\,500\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 基本能够满足棉花整个生育时期的需求,灌水量分配和频数上与当前灌溉模式还存在着一定的差距。该结论对建立针对不同棉花品种特性进行各生育期有效水分管理的理论和实际生产都有一定的参考价值。

3) 胡守林^[14]等研究了不同棉花品种间对水分的利用效率存在着显著差异,本研究选取试验的三个主栽品种在日耗水量上差异不显著性,而干物质的积累上($F=25.96^{**}$)品种间达到显著差异,进一步分析其水分利用效率(标杂 A1>锦杂 9 号>新陆早 31 号)差异显著,品种间水分利用效率的对比结果与最终产量结果一致,以此对当地针对自身气候条件有选择的引种和提高棉花产量、品质具有一定的指导意义。至于水分利用效率与产量的相关性,以及这种相关性和水、肥的用量关系还需要进一步深入探讨。

参 考 文 献:

[1] 马富裕,严以绥.棉花膜下滴灌技术理论与实践[M].乌鲁木齐:新疆大学出版社,2002.

[2] 郑德明,姜益娟,朱朝阳,等.南疆棉花高产栽培干物质积累和生长发育动态研究[J].中国棉花,1999,26(7):17—18.

[3] 伍维模,郑德明,董合林,等.南疆棉花干物质和氮磷钾养分积累的模拟分析[J].西北农业学报,2002,11(1):92—96.

[4] 李艳军,张小均,孙磊,等.北疆不同年代棉花品种光合特性及干物质积累研究[J].安徽农业科学,2007,35(26):8124—8125.

[5] 张立桢,曹卫星,张思平,等.棉花光合生产与干物质积累过程的模拟[J].棉花学报,2003,15(3):138—145.

[6] 朱艳,吴华兵,田永超,等.基于冠层反射光谱的棉花干物质积累量估测[J].应用生态学报,2008,19(1):105—109.

[7] 黄春燕,王登伟,陈冠文,等.基于高光谱植被指数的棉花干物质积累估算模型研究[J].棉花学报,2006,18(2):115—119.

[8] 危常州,马富裕,雷咏雯,等.棉花膜下滴灌根系发育规律的研究[J].棉花学报,2002,14(4):209—214.

[9] 叶欣,王永东,李瑞雪.不同品种棉花干物质积累差异对比研究[J].西南农业大学学报(自然科学版),2004,26(6):750—754.

[10] 刘建军,陈燕华,李明思.膜下滴灌棉花植株耗水率与土壤水分的关系[J].棉花学报,2002,14(4):200—203.

[11] 郑旭荣,胡晓棠,李明思,等.棉花膜下滴灌田间耗水规律的试验研究[J].节水灌溉,2000,(5):25—27.

[12] 李富先,杨举芳,张玲.棉花膜下滴灌需水规律和最大耗水时段及耗水量的研究[J].新疆农业大学学报,2002,25(3):43—47.

[13] 徐立华,王进友,陈源.Bt移栽棉干物质积累与产量及器官建成关系的研究[J].棉花学报,2007,19(1):13—17.

[14] 胡守林,万素梅,许燕玲.南疆灌区不同海岛棉品种水分利用效率研究[J].中国棉花,2004,31(7):0—12.

Study on relationship between dry matter accumulation and water consumption in cotton under film mulch and drip irrigation

WANG Hai-jiang, CUI Jing, HOU Zhen-an, XIE Hai-xia, GONG Jiang, LU Xin
(Department of Resources and Environmental Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: Three main cotton varieties in pilot area were selected in an experiment to study the relations and analyze the correlation, change pattern between dry matter accumulation and water consumption of the cotton under film mulch and drip irrigation at different growth stages. The results showed that the change trends accorded with the “S” shape, and the maximum of dry matter accumulation and water consumption were 1.52~2.95 g and 6.84~7.14 mm, which appeared both in the stage of cotton flowering and boll. The fitting results of growth rate between dry matter accumulation and water consumption showed that its R^2 values were greater than 0.95 and F -test value reached significant levels, and the dry matter accumulation and the consumption of water had significant correlation.

Keywords: film mulch drip irrigation; cotton; dry matter accumulation; water consumption