

杏棉间作棉花干物质积累分配与养分吸收的分析模拟

魏红国¹, 张巨松^{1*}, 王飞¹, 曹公利², 段云佳¹, 侍伟红¹, 武辉¹

(1 新疆农业大学, 教育部棉花工程研究中心, 乌鲁木齐 830052; 2 新疆喀什岳普湖县农技推广中心, 喀什 834000)

摘要: 在南疆自然生态条件下, 研究了杏棉间作对棉花干物质积累及植株养分运移的影响。试验采用 Logistic 生长函数模拟, 拟合效果较好, 均成“S”型曲线。结果表明, 间作棉总干物质积累速率最快时刻在出苗后 73~99 d, 快速生长期为 35~59 d, 最大积累量平均为 278.79 kg/d。间作棉对 N、P₂O₅、K₂O 养分吸收强度最大的时刻分别在出苗后 56~59、48~62、48~52 d, 快速积累期为 36~38、29~32、39~58 d; 最大积累量平均分别为 3.51、1.47、2.64 kg/d。间作棉盛铃后仍有一部分光合产物、养分输送给茎、叶等营养器官, 降低了向蕾铃的分配, 将会对产量和品质产生负面影响。

关键词: 杏棉间作; 棉花; 干物质; 养分

中图分类号: S562.01

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2011)05-1220-07

Simulation of cotton dry matter accumulation and distribution and nutrient absorption in apricot-cotton intercropping system

WEI Hong-guo¹, ZHANG Ju-song^{1*}, WANG Fei¹, CAO Gong-li², DUAN Yun-jia¹, SHI Wei-hong¹, WU Hui¹

(1 Research Center of Cotton Engineering, Ministry of Education/Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2 Center of Extension of Agricultural Techniques of Yuepuhu County, Kashi, Xinjiang 844000, China)

Abstract: With the aim of providing a theoretical basis for high efficiency fertilization of cotton in the fruit-cotton intercropping system, the influences of apricot-cotton intercropping cultivation models on the dry matter and nutrient accumulation of cotton were studied under natural ecological conditions in South Xinjiang. The dry matter and nutrient accumulation were fitted by using the Logistic equation. The results show that the fastest accumulation rate of total dry matter of the intercropped cotton is from 73 to 99 days after the emergence, and the rapid growth period of total dry matter accumulation is from 35 to 59 days. The maximum average accumulation rate is about 278.79 kg/d. The fastest accumulation rates of N, P₂O₅ and K₂O nutrients are 56 to 59 d, 48 to 62 d and 48 to 52 d after the emergence, the rapid accumulation periods are 36-38, 29-32 and 39-58 d, respectively, and the average accumulation rates of largest absorption intensity are 3.51 kg/d, 1.47 kg/d and 2.64 kg/d. The intercropped cotton transports part of the photosynthetic products and nutrients to stems and leaves, and then reduces the distribution to the buds and bolls, thus affecting the improvement of yield and quality.

Key words: apricot-cotton intercropping; cotton; dry matter; nutrient

杏树原产于我国, 新疆是我国产杏第一大省, 其中南疆杏树栽培面积与产量均占全疆的 90% 以上, 且栽培历史悠久, 果实品质优良。杏树喜温、耐寒、

喜光照, 是耐干旱、耐瘠和适应性最强的果树之一, 被环塔里木盆地列为退耕还林、防风固沙、改良沙荒地的首选经济树种^[1]。南疆独特的生态环境使得

收稿日期: 2011-01-09 接受日期: 2011-05-22

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2009BADA4B01-3)资助。

作者简介: 魏红国(1984—), 男, 甘肃定西新集人, 硕士研究生, 主要从事作物栽培生理方面的研究。E-mail: weihongguo01@126.com

* 通讯作者 songzj3821@yahoo.com.cn

果农复合种植系统已成为一种重要的农业生产模式,杏棉复合种植系统是其重要的果农间作模式之一^[2]。探明杏棉间作棉花的养分运移特征,是新疆环塔里木盆地最优杏棉复合种植模式生产的基础。肥、水、小气候等条件对单作棉花生长发育、产量构成及养分运移特征已有大量的报道^[3];各种农林复合种植系统对作物生长特性及产量的影响也进行了研究。但是在南疆现代农业生产条件下,杏棉复合种植模式对棉花养分运移特征的研究尚鲜见报道。为此,本试验结合新疆南疆地区自然生态条件,通过对杏棉间作模式下棉花的干物质积累、养分吸收及运移的分析,旨在为新疆间套作复合农业生态系统下科学施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2010年3月至10月在新疆喀什地区岳普湖县下巴扎乡7村5组进行。该试验区位于天山南麓,塔里木盆地西部,喀什平原岳普湖三角洲冲积缘的前端,盖孜河流域的最下游东经76°、北纬38°之间;海拔1180~1225 m,为喀什地区叶尔羌河、克孜河、盖孜河3河同灌县,水资源十分丰富。年日照时数2500~3000 h,年平均气温11.7℃,无霜期210~243 d,全年≥10℃积温4102.7℃,年降水量40.3~89.6 mm,属暖温带大陆性干旱气候。试验地土质为中盐壤土,耕层水溶性总盐2.83 g/kg,pH值为8.1,有机质含量15.64 g/kg,全氮0.75 g/kg,碱解氮73 mg/kg,速效磷15.8 mg/kg,速效钾215 mg/kg。

试验杏树品种为李光杏(*A. vulgaris var glabra* S. X. Sun),2005年定植,南北行向,行株距配置为6.5 m×3 m,杏树平均树高4.88 m,平均冠幅4.21 m,杏树主干长0.6 m;棉花以中棉所49号为试材,4月8日播种,采用幅宽140 cm宽膜覆盖,每膜4行,每小区3膜12行;行株距配置[(30+40+30)+60 cm]×10 cm,密度20.05×10⁴株/hm²,小区面积6.5 m×6 m=39 m²,重复3次,以667 m²单作棉田为对照。播前结合整地深施尿素300 kg/hm²,磷酸二胺225 kg/hm²,在棉花见花期和盛花期分别追施尿素150 kg/hm²和75 kg/hm²;6月28日浇头水,7月11日第2水,7月27日第3水,8月26日浇末水,其他田间管理参照高产棉田。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 棉花生育进程与农艺性状调查 自三叶期开

始调查各处理棉花的生育进程。每小区由东向西分冠下区(距树干1.5 m)、近冠区(距树干3 m)、远冠区(距树干4.5 m)取3个样点,每点选连续10株,内外行各5株测定各处理在不同生育时期的株高、真叶数、果枝数、叶枝数、出叶速率、现蕾数、成铃数。

1.2.2 干物质积累 自三叶期开始,每隔15 d从冠下区、近冠区、远冠区各选6株棉花分茎、叶、蕾、花、铃等器官,于105℃杀青30 min,80℃下烘至恒重,称干重。

1.2.3 养分含量 棉株茎、叶、蕾、铃的氮、磷、钾含量,样品用H₂SO₄-H₂O₂消煮,氮用奈氏比色法,磷用钒钼黄比色法,钾用火焰光度计法测定^[4]。

1.2.4 相关参数计算 采用Logistic方程拟合光合产物及养分积累变化:

$$y = k / (1 + e^{-(a+bt)})$$

式中:y为棉花出苗后t天干物质积累量(kg/hm²);t为棉花出苗后天数(d);k表示干物质的最大积累量(kg/hm²);a、b为待定系数。

根据方程推导得到几个特征值:

最快生长时间段的起始时间(t₁)=[ln(e^a)-1.317]/b;

终止时间(t₂)=[ln(e^a)+1.317]/b;

最大相对生长速率(V_m)=-bk/4;

出现时间(t_m)=-a/b;

快速增长持续时间(ΔT)=t₂-t₁;

生长特征值(GT):指干物质积累已达到最大积累量的65%以上,GT=V_m×ΔT。

采用Excel 2003、DPS7.05进行分析,方差分析均为0.05水平,采用LSD法。

2 结果与分析

2.1 间作棉干物质积累特征

棉花干物质积累是产量形成的基础^[5-6]。对间作棉和单作棉地上部干物质积累进行Logistic方程模拟(表1)可知,间作棉和单作棉地上部干物质积累均呈缓增—快增—缓降的变化趋势,其中单作棉两个时间拐点在出苗后68和132 d,间作棉冠下区在出苗后55和90 d,近冠区在出苗后67和125 d,远冠区在出苗后69和128 d。表明单作棉第一拐点时间出现较晚,但快增期(Δt)持续时间长,速度特征值(V_m)与生长特征值(GT)较大;而间作棉的冠下区第一拐点时间出现早,快增期(Δt)持续时间缩短,生长特征值(GT)较小,速度特征值(V_m)随离树冠距离的增大而增大。

表 1 间作棉地上部干物质积累模拟方程
Table 1 Simulation equations of aboveground dry matter accumulation of intercropping cotton

处理 Treatment	V_m (kg/d)	t_m	t_1	t_2	Δt	GT (kg/hm ²)	方程 Equation	R^2
冠下区 Under the crown	242.08	73	55	90	35	8433.02	$y = 12806.41 / [1 + e^{(5.49-0.08t)}]$	0.97**
近冠区 Near the crown	286.95	96	67	125	58	16648.01	$y = 25281.72 / [1 + e^{(4.35-0.05t)}]$	0.98**
远冠区 Far the crown	307.35	99	69	128	59	17987.58	$y = 27845.99 / [1 + e^{(4.43-0.05t)}]$	0.98**
单作 Sole	323.40	100	68	132	64	20685.01	$y = 31412.31 / [1 + e^{(4.13-0.04t)}]$	0.99**

注 (Note): V_m —速度特征值 Eigenvalue of speed; t_m —最大积累时间 Accumulation time of max; t_1 —进入快速增长期时间拐点 Inflection point of rapid growth into the time; t_2 —结束快速增长期时间拐点 Inflection point of rapid growth the end of time; Δt —快速增长持续期 Duration of rapid growth; GT—快速增长期生长特征值 The value of the growth characteristics of fast growth. **— $P < 0.01$.

2.2 间作棉干物质分配特点

2.2.1 光合产物向营养器官的分配 与单作棉相比,间作棉远冠区和单作棉光合产物在花前向叶片分配多,从盛蕾期到盛花期光合产物向叶片分配逐渐减少,到盛花期有少量输入。而间作棉冠下区和近冠区从盛花期到盛铃期光合产物分配到叶片的量较多,一定程度上影响了光合产物向棉铃的分配(表2)。光合产物在茎上的分配同叶片相似,间作冠下区、近冠区前期向茎中分配光合产物明显比远冠区、单作棉少,间作棉在盛花后有光合产物输入,

特别是间作棉冠下区在盛铃期仍有部分光合产物向茎中分配,会造成后期贪青晚熟,进而影响产量。

2.2.2 光合产物向生殖器官的分配 表2还看出,间作棉与单作棉光合产物向生殖器官分配量随生育期推移呈逐渐增加趋势,间作棉冠下区和近冠区在盛花期达到峰值,而远冠区和单作棉在盛铃期达到高峰。在各生育期间作棉的分配量均低于单作棉,说明间作棉向蕾铃中分配的光合产物较少。盛铃期后,单作棉、间作棉近冠区和远冠区无光合产物输入,而只有间作棉冠下区有光合产物输入。

表 2 间作棉不同时期光合产物分配 (kg/hm²)
Table 2 Distribution features of photosynthetic products of intercropping cotton at different periods

器官 Organ	处理 Treatment	现蕾期 BFS	现蕾~盛蕾 BFS-BPS ¹	盛蕾~开花 BPS ¹ -FFS	开花~盛花 FFS-FPS	盛花~盛铃 FPS-BPS ²	盛铃~见絮 BPS ² -BBOS
叶 Leaf	冠下区 Under the crown	662.83 d	306.53 d	451.57 d	410.01 a	310.23	
	近冠区 Near the crown	789.54 c	731.89 c	781.51 c	180.83 b		
	远冠区 Far the crown	1084.81 b	807.96 b	957.31 a	39.02 c		
	单作 Sole	1751.58 a	998.64 a	875.84 b	25.53 d		
茎 Stem	冠下区 Under the crown	906.78 c	384.75 c	452.13 d	661.09 a	432.01	
	近冠区 Near the crown	838.32 d	398.91 c	480.54 c	639.01 b		
	远冠区 Far the crown	942.31 b	1066.96 b	895.58 a	626.82 c		
	单作 Sole	1370.17 a	1285.37 a	718.99 b	430.29 d		
蕾铃 Bud and Boll	冠下区 Under the crown	37.78 d	261.71 d	986.62 d	2845.26 a	1359.98 c	103.19
	近冠区 Near the crown	41.92 c	345.21 c	1185.01 c	1241.41 d	1176.13 d	
	远冠区 Far the crown	58.89 b	516.61 b	1659.01 b	1881.94 c	2349.21 b	
	单作 Sole	163.31 a	663.04 a	1961.27 a	2378.29 b	3591.17 a	

注 (Note): BFS—Bud forming stage; BPS¹—Bud peak stage; FFS—Flower forming stage; FPS—Flower peaking stage; BPS²—Boll peaking stage; BBOS—The begin of boll opening stage. 数值后不同字母表示不同处理的同一器官差异达5%显著水平 Values followed by different letters in the same organ among treatments mean significant at 5% level.

2.3 间作棉氮素(N)积累特征

2.3.1 不同器官氮积累 叶片与茎中氮积累自苗期开始随生育期的推移逐渐增加,在盛花或盛铃期达到峰值,在整个生育期呈抛物线形状(表3)。间作棉冠下区叶片在盛铃期达到最大值 81.75 kg/hm²,而近冠区、远冠区、单作棉最大值出现在盛花期,分别为 61.07、97.13、110.09 kg/hm²,表现为距树干距

离的增大,叶片氮积累最大值逐渐增加,且峰值出现在盛花、盛铃期;茎中的氮含量与叶片氮含量变化趋势一致。间作棉与单作棉蕾铃中含氮量随着生育期推移逐渐增大,到盛铃期达到最大,盛铃后逐渐下降,且随着树干距离的增大,蕾铃氮含量逐渐增加,在盛铃期达到峰值。

表3 间作棉各器官氮素积累动态变化(kg/hm²)

Table 3 Dynamics changes of Nitrogen accumulation in different organs of intercropping cotton

处理 Treatment	器官 Organ	见蕾期 BFS	盛蕾期 BPS ¹	始花期 FFS	盛花期 FPS	盛铃期 BPS ²	吐絮期 BBOS
冠下区 Under the crown	叶 Leaf	24.09 c	44.13 c	52.06 c	66.74 c	81.75 b	42.78 c
	茎 Stem	16.24 c	27.85 b	31.45 c	39.83 c	46.48 a	14.15 d
	蕾铃 Bud and boll	1.18 c	8.23 c	39.37 c	96.73 b	66.98 d	20.28 d
近冠区 Near the crown	叶 Leaf	29.43 b	35.73 d	53.83 c	61.07 d	47.39 d	44.28 c
	茎 Stem	11.21 d	15.45 c	23.15 d	30.75 d	26.14 d	16.55 c
	蕾铃 Bud and boll	2.04 b	9.86 c	35.54 d	66.89 d	106.18 c	69.45 c
远冠区 Far the crown	叶 Leaf	22.48 d	46.48 b	86.46 b	97.13 b	73.77 c	66.37 b
	茎 Stem	19.06 b	30.07 a	39.38 a	49.52 a	37.19 b	35.74 a
	蕾铃 Bud and boll	0.15 d	14.38 b	60.39 a	86.42 c	109.21 b	107.65 a
单作 Sole	叶 Leaf	64.32 a	81.02 a	98.74 a	110.09 a	84.01 a	72.85 a
	茎 Stem	23.27 a	27.19 b	35.62 b	44.71 b	28.17 c	25.11 b
	蕾铃 Bud and boll	4.91 a	20.44 a	63.59 a	123.93 a	144.65 a	103.71 b

注(Note): BFS—Bud forming stage; BPS¹—Bud peak stage; FFS—Flower forming stage; FPS—Flower peaking stage; BPS²—Boll peaking stage; BBOS—The begin of boll opening stage. 数值后不同字母表示不同处理的同一器官差异达5%显著水平 Values followed by different letters in the same organ among treatments mean significant at 5% level.

2.3.2 群体氮积累的模拟方程 表4表明,间作棉氮达到最大积累时刻(t_m)相对较晚,在出苗后第77 d,最大积累速率(V_m)为3.02~4.25 kg/d,单作棉在出苗后第67 d,最大积累速率为4.54 kg/d;间作棉比单作棉平均分别推后10 d左右和低1.1 kg/d。快速积累持续期(Δt)间作棉与单作棉差异性不显

著,间作棉快速积累持续期为37 d左右,比单作棉短4 d。间作棉到达快速积累期略晚,快速积累持续期短,快速增长期总积累量(GT)小,且距树干越远GT越大,呈现出明显的规律性。表明间作条件下,近冠区在整个生育期对氮吸收量较大,且持续期较长,集中在出苗后55~93 d。

表4 间作棉地上部氮积累的模拟方程

Table 4 Simulation equations of aboveground nitrogen accumulation of intercropping cotton

处理 Treatment	V_m (kg/d)	t_m	t_1	t_2	Δt	GT (kg/hm ²)	方程 Equation	R^2
冠下区 Under the crown	3.02	77	59	95	37	110.44	$Y = 167.71 / [1 + e^{(5.56-0.07x)}]$	0.91 **
近冠区 Near the crown	3.27	74	55	93	38	125.79	$Y = 191.03 / [1 + e^{(5.06-0.07x)}]$	0.97 **
远冠区 Far the crown	4.25	74	56	93	36	154.08	$Y = 233.98 / [1 + e^{(5.41-0.07x)}]$	0.94 **
单作 Sole	4.54	67	47	87	41	185.03	$Y = 257.15 / [1 + e^{(4.33-0.06x)}]$	0.96 **

注(Note): V_m —速度特征值 Eigenvalue of speed; t_m —最大积累时间 Accumulation time of max; t_1 —进入快速增长期时间拐点 Inflection point of rapid growth into the time; t_2 —结束快速增长期时间拐点 Inflection point of rapid growth the end of time; Δt —快速增长持续期 Duration of rapid growth; GT—快速增长期生长特征值 The value of the growth characteristics of fast growth. **— $P < 0.01$.

2.4 间作棉磷素 (P₂O₅) 积累特征

2.4.1 不同器官 P₂O₅ 积累 随着生育进程的推移,间作棉与单作棉茎、叶器官 P₂O₅ 积累呈先增后减的趋势,吸收高峰出现在盛花期,总体吸收特征趋于一致。表 5 看出,离树干距离越远 P₂O₅ 吸收量越大,在盛花期间作棉叶片 P₂O₅ 吸收量比单作棉低 33%; 而这一

时期茎中 P₂O₅ 吸收量单作棉低于间作棉近冠区,高于间作棉冠下区和远冠区。蕾铃器官对 P₂O₅ 吸收量较大,随着生育进程的推移,蕾铃 P₂O₅ 吸收量呈快速递增趋势,各处理在盛铃期达到吸收高峰。距树干越远蕾铃对 P₂O₅ 的吸收量越大,说明充分的光照条件下蕾铃对 P₂O₅ 的吸收量迅速增高。

表 5 间作棉不同器官 P₂O₅ 积累动态变化 (kg/hm²)
Table 5 Dynamic changes of P₂O₅ accumulation in different organs of intercropping cotton

处理 Treatment	器官 Organ	见蕾期 BFS	盛蕾期 BPS ¹	始花期 FFS	盛花期 FPS	盛铃期 BPS ²	吐絮期 BBOS
冠下区 Under the crown	叶 Leaf	4.78 c	6.29 d	15.78 c	12.38 d	11.45 d	13.56 c
	茎 Stem	2.21 c	6.08 c	10.81 c	11.78 d	8.95 d	9.85 d
	蕾铃 Bud and boll	0.61 b	6.11 b	20.54 c	27.71 d	38.08 d	40.62 b
近冠区 Near the crown	叶 Leaf	5.81 b	24.41 a	16.78 b	18.56 b	19.98 b	16.56 a
	茎 Stem	9.21 a	12.16 b	14.25 b	19.38 a	26.08 a	17.47 b
	蕾铃 Bud and boll	0.49 c	4.31 d	15.44 d	47.74 c	45.11 b	33.37 c
远冠区 Far the crown	叶 Leaf	5.93 b	14.29 c	14.85 d	17.33 c	16.38 c	13.53 c
	茎 Stem	2.15 c	14.23 a	14.18 b	14.26 c	12.71 c	11.95 c
	蕾铃 Bud and boll	0.29 d	5.31 c	22.39 b	52.34 b	43.57 c	40.22 b
单作 Sole	叶 Leaf	15.71 a	21.19 b	23.98 a	23.79 a	21.79 a	15.57 b
	茎 Stem	8.87 b	14.74 a	16.55 a	18.75 b	17.71 b	22.92 a
	蕾铃 Bud and boll	1.03 a	7.75 a	29.14 a	55.67 a	65.76 a	43.97 a

注 (Note): BFS—Bud forming stage; BPS¹—Bud peak stage; FFS—Flower forming stage; FPS—Flower peaking stage; BPS²—Boll peaking stage; BBOS—The begin of boll opening stage. 数值后不同字母表示不同处理的同一器官差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in the same organ among treatments mean significant at 5% level.

2.4.2 间作棉 P₂O₅ 积累的模拟方程 间作棉最大积累时间 t_m 与 V_m 呈线性关系,间作棉随离树干距离的增大最大积累时间推迟,而最大积累量依次增大,t_m 出现在出苗后 70 d 以后。间作棉的快速积累

期 Δt 比单作棉短,表明磷素吸收特征值受遮阴影响较大,GT 表现为间作棉冠下区 < 近冠区 < 远冠区 < 单作棉 (表 6)。

表 6 间作棉地上部 P₂O₅ 积累模拟方程
Table 6 Simulation equations of aboveground P₂O₅ accumulation of intercropping cotton

处理 Treatment	V _m (kg/d)	t _m	t ₁	t ₂	Δt	GT (kg/hm ²)	方程 Equation	R ²
冠下区 Under the crown	1.50	77	62	91	29	43.76	Y = 66.45 / [1 + e ^(6.89-0.09x)]	0.91 **
近冠区 Near the crown	1.62	79	62	95	33	53.42	Y = 81.13 / [1 + e ^(6.29-0.08x)]	0.93 **
远冠区 Far the crown	1.28	70	48	80	32	56.04	Y = 85.09 / [1 + e ^(4.22-0.06x)]	0.97 **
单作 Sole	2.72	75	62	98	36	71.55	Y = 108.66 / [1 + e ^(7.50-0.11x)]	0.95 **

注 (Note): V_m—速度特征值 Eigenvalue of speed; t_m—最大积累时间 Accumulation time of max; t₁—进入快速增长期时间拐点 Inflection point of rapid growth into the time; t₂—结束快速增长期时间拐点 Inflection point of rapid growth the end of time; Δt—快速增长持续期 Duration of rapid growth; GT—快速增长期生长特征值 The value of the growth characteristics of fast growth. **—P < 0.01.

2.5 间作棉钾素(K₂O)积累特征

2.5.1 不同器官 K₂O 积累 不同器官之间 K₂O 的积累,前期集中在茎、叶等营养器官,盛蕾期后大部分 K₂O 向蕾铃分配,且盛花后茎、叶中 K₂O 含量逐渐降低,因此生育后期蕾铃对钾素吸收量远大于茎、叶器官。由表 7 可知,各处理叶片中 K₂O 含量呈先增后减的趋势,在盛花期达到吸收高峰,而吸收量无显著差异。茎中 K₂O 含量在整个生育期与叶片变化趋势一致。蕾铃对 K₂O 的吸收高峰集中在盛铃期,并且随着离树干距离的减少吸收量逐渐增大。

2.5.2 K₂O 积累模拟方程 单作棉达到快速积累期的时间明显早于间作棉,在出苗后 60 d,而 V_m 间作

棉冠下区、近冠区、远冠区比单作棉分别低 62.9%、58.6%、18.9%。快速积累期 Δt 间作棉的 3 个区均比单作棉长,且随着离树干距离的减少,Δt 逐渐减小,生长特征值 GT 逐渐增大,表明间作棉在出苗后 44 d 达到 K₂O 快速积累期,到 87~110 d 结束,但快速积累期 GT 小(表 8)。

3 讨论

在棉花的生长发育过程中需要的所有营养元素中,氮素是棉花产量和品质形成的主要因素,在整个生育期,需氮、钾两元素的量较多,需磷的量较少^[7]。前人研究表明,氮、磷、钾在营养器官中的分

表 7 间作棉不同器官 K₂O 积累动态变化(kg/hm²)

Table 7 Dynamic changes of K₂O accumulation in different organs of intercropping cotton

处理 Treatment	器官 Organ	见蕾期 BFS	盛蕾期 BPS ¹	始花期 FFS	盛花期 FPS	盛铃期 BPS ²	吐絮期 BBOS
冠下区 Under the crown	叶 Leaf	12.31 c	23.97 c	29.71 d	38.24 c	49.17 a	24.67 d
	茎 Stem	22.93 b	27.67 c	49.02 b	57.13 b	72.56 a	51.84 b
	蕾铃 Bud and boll	0.66 c	5.98 d	25.11 c	70.56 a	108.33 a	93.77 a
近冠区 Near the crown	叶 Leaf	24.08 b	29.67 b	52.12 b	48.81 b	33.17 b	31.33 c
	茎 Stem	22.46 b	28.04 c	52.77 a	65.62 a	49.53 c	36.44 c
	蕾铃 Bud and boll	1.81 a	7.02 c	31.41 b	62.52 c	68.87 d	65.13 c
远冠区 Far the crown	叶 Leaf	11.67 d	27.91 b	36.98 c	38.16 c	33.69 b	33.41 b
	茎 Stem	13.76 c	34.69 b	46.01 c	44.27 c	37.41 d	51.12 b
	蕾铃 Bud and boll	0.55 c	8.24 b	31.18 b	65.33 b	96.49 b	87.19 b
单作 Sole	叶 Leaf	28.83 a	48.72 a	74.62 a	57.13 a	32.71 b	40.31 a
	茎 Stem	36.66 a	38.36 a	50.51 b	56.51 b	58.46 b	67.35 a
	蕾铃 Bud and boll	1.31 b	12.33 a	46.33 a	70.03 a	72.17 c	86.79 b

注(Note): BFS—Bud forming stage; BPS¹—Bud peak stage; FFS—Flower forming stage; FPS—Flower peaking stage; BPS²—Boll peaking stage; BBOS—The begin of boll opening stage. 数值后不同字母表示不同处理的同一器官差异达 5% 显著水平 Values followed by different letters in the same organ among treatments mean significant at 5% level.

表 8 间作棉地上部 K₂O 积累模拟方程

Table 8 Simulation equations of aboveground P₂O₅ accumulation of intercropping cotton

处理 Treatment	V _m (kg/d)	t _m	t ₁	t ₂	Δt	GT (kg/hm ²)	方程 Equation	R ²
冠下区 Under the crown	1.84	81	52	110	58	106.97	$Y = 162.44 / [1 + e^{(3.65-0.05x)}]$	0.90 **
近冠区 Near the crown	2.06	76	44	107	63	129.33	$Y = 196.41 / [1 + e^{(3.17-0.04x)}]$	0.93 **
远冠区 Far the crown	4.03	68	48	87	39	156.81	$Y = 238.13 / [1 + e^{(4.57-0.07x)}]$	0.97 **
单作 Sole	4.97	61	43	78	34	170.40	$Y = 258.77 / [1 + e^{(4.65-0.077x)}]$	0.94 **

注(Note): V_m—速度特征值 Eigenvalue of speed; t_m—最大积累时间 Accumulation time of max; t₁—进入快速增长长期时间拐点 Inflection point of rapid growth into the time; t₂—结束快速增长长期时间拐点 Inflection point of rapid growth the end of time; Δt—快速增长持续期 Duration of rapid growth; GT—快速增长长期生长特征值 The value of the growth characteristics of fast growth. **—P < 0.01.

配趋势为叶 > 果枝 > 茎, 在生殖器官中为棉籽 > 成铃 > 蕾 > 纤维。过量氮肥使棉花生育后期物质在生殖器官的分配比例明显下降, 在茎叶的分配比例明显提高, 表现群体过大、叶片贪青、营养生长过盛, 不利于后期棉铃的生长发育^[8]。何萍等^[9]认为, 适宜的氮磷钾配比可促进植株后期干物质从营养器官向生殖器官的运移。科学施肥对提高棉花产量非常重要。本研究利用 Logistic 生长函数模型探讨了新疆南疆地区杏棉间作条件下, 棉花施肥后植株养分及干物质积累分配的变化, 以了解当地棉花干物质及养分积累变化规律, 为量化指导生产实践提供理论参考, 提高杏棉间作下肥料的利用率。但是, Logistic 生长函数模型毕竟是一种经验模型, 它预测效果的好坏及生物学意义主要取决于原始数据的真实性和参数拟合的精确度。由于农林间作的树种和农作物类型不同, 加之间作模式的多样性, 所以不同研究预测结果存在一定的差异。因此, 有关农林间作对农作物干物质、养分积累与分配的影响还需进一步的探究。

4 结论

1) 通过 Logistic 生长函数分析模拟, 间作棉干物质最大积累速率在出苗后 73 ~ 99 d, 干物质积累快速积累期为 35 ~ 59 d。间作棉氮素最大吸收速率在出苗后 56 ~ 59 d, 快速积累期为 36 ~ 38 d; 对磷的最大吸收强度在出苗后 48 ~ 62 d, 快速积累期为 29 ~ 32 d; 对钾的最大吸收强度出现在出苗后 48 ~ 52 d, 快速积累期为 39 ~ 58 d。

2) 间作棉近冠区棉花在整个生育期对氮素吸收量较大, 持续期较长; 磷素吸收特征值受遮阴影响较大, 其 GT 表现为间作棉冠下区 < 近冠区 < 远冠区 < 单作棉; 对钾素的吸收, Δt 间作棉比单作棉长近 50%, 但 V_m 间作棉比单作棉平均低 46%。

3) 间作棉 GT 平均比单作棉高 30.74%、 Δt 持续时间短、 V_m 随离树冠距离的增大而增大; 盛花后仍有一部分光合产物、养分输送给茎、叶等营养器官, 降低了向蕾铃的分配, 加之生育后期气温低, 将对产量和品质产生不利影响。

参考文献:

- [1] 杨修. 农林复合经营在农村可持续发展中的地位和作用[J]. 农村生态环境, 1996, 12(1): 37-41.
Yang X. Expositions and function of agroforestry in rural sustainable development [J]. Rural Eco-Environ., 1996, 12(1): 37-41.
- [2] 晁海. 杏棉间作系统小气候效应的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学硕士学位论文, 2007.
Chao H. Study on the effect of microclimate in apricot-cotton intercropping system [D]. Urumqi: MS thesis, Xinjiang Agriculture University, 2007.
- [3] 屈卫群, 王绍华, 陈兵林, 等. 棉花主茎叶 SPAD 值与氮素营养诊断研究[J]. 作物学报, 2007, 33(6): 1010-1017.
Qu W Q, Wang S H, Chen B L *et al.* SPAD value of cotton leaves on main stem and nitrogen diagnosis for cotton growth [J]. Acta Agron. Sin., 2007, 33(6): 1010-1017.
- [4] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
Zhou Q. Handbook of plant physiological experiment [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [5] 郭仁松, 刘盼, 张巨松, 等. 新疆超高产棉花光合物质生产与分配关系的研究[J]. 棉花学报, 2010, 22(5): 471-478.
Guo R S, Liu P, Zhang J S *et al.* Study on relations on photosynthetic production and its distribution of super high-yield cotton in South Xinjiang [J]. Cott. Sci., 2010, 22(5): 471-478.
- [6] 张旺峰, 勾铃, 杜亮, 等. 新疆高产棉花(1800 kg/hm²) 生长分析[J]. 棉花学报, 2000, 12(1): 27-31.
Zhang W F, Gou L, Du L *et al.* The group study of high yield cotton in Xinjiang [J]. Cott. Sci., 2000, 12(1): 27-31.
- [7] 王平, 陈新平, 田长彦, 等. 新疆南部地区棉花施肥现状及评价[J]. 干旱区研究, 2005, 22(2): 264-269.
Wang P, Chen X P, Tian C Y *et al.* Actuality and evaluation of fertilization in cotton fields in south Xinjiang [J]. Arid Zone Res., 2005, 22(2): 264-269.
- [8] 马溶慧, 许乃银, 张传喜, 等. 氮素水平对棉铃干物质分配和纤维品质性状的影响[J]. 棉花学报, 2009, 21(2): 115-120.
Ma R H, Xu N Y, Zhang C X *et al.* Effects of nitrogen rates on dry matter accumulation and distribution of bolls and fiber quality characteristics in cotton [J]. Cott. Sci., 2009, 21(2): 115-120.
- [9] 何萍, 王秀芳. 不同氮磷钾用量下春玉米生物产量及其组分动态与养分吸收模型研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 123-130.
He P, Wang X F. Research on model of dry matter and nutrient absorption of spring-corn under different N, P, K application rate [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 1998, 4(2): 123-130.