

新、老大豆品种冠层产量和光合作用的比较

庄波, 徐克章, 杜双洋, 李大勇, 张治安

(吉林农业大学农学院, 吉林 长春 130118)

摘要:对10个新、老大豆品种冠层产量和光合作用的研究表明,新品种的产量显著高于老品种($P < 0.01$),新品种产量主要集中在冠层的中上部,而老品种的产量则以冠层中部最大,冠层上部、下部产量较低且相差不大.新品种植株叶面积和叶面积指数高于老品种,但差异不显著.新品种叶片的光合速率高于老品种,同时,新品种冠层不同部位叶片光合速率差异较小,老品种冠层不同部位叶片光合差异较大,特别是下层叶片净光合速率下降较大;由于新品种的叶面积指数和单位叶面积的净光合速率高于老品种,新品种的光合能力显著高于老品种,特别是冠层下部的光合能力得到了显著改善.

关键词:大豆; 产量; 冠层; 叶面积; 光合作用

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)01-0006-04

Comparison on Yield and Photosynthesis in Canopy in Modern and Old Soybean Cultivars

ZHUANG Bo, XU Ke-zhang, DU Shuang-yang, LI Da-yong, ZHANG Zhi-an

(College of Agronomy, Jilin Agriculture University, Changchun 130118, China)

Abstract: The yield and photosynthesis of canopy with ten modern and old soybean cultivars were studied. The results showed that the yield of modern cultivars were obviously higher than old cultivars ($P < 0.01$), the yield of modern cultivars mainly were concentrated on upper layers and middle layers, but the middle layers yield of old cultivars was the biggest, the upper layers and lower layers yield was lower and no obvious difference in two layers. Leaf area and leaf area index of modern cultivars was higher than that of old cultivars, but no obvious difference. Leaf net photosynthetic rate of modern cultivars was higher than that of old cultivars, at the same time, leaf net photosynthetic rate in different parts of modern cultivars have little differences, leaf net photosynthesis rate in different canopy of that of old cultivars have biggest the differences, especially, the lower layers leaf net photosynthetic rate was decreased obviously; Because the net photosynthetic rate and leaf area index of modern cultivars was higher than that of old cultivars, the photosynthetic ability of modern cultivars obviously higher than that of old cultivars, especially, the photosynthetic ability in lower layers has significantly improved.

Key words: soybean; yield; canopy; leaf area; photosynthesis

大豆是全冠层具有光合生产能力的作物^[1],目前,通过栽培技术手段的改进和育种工作者的遗传改良,大豆品种的单位面积产量有了大幅度提高.在产量提高的同时,大豆品种的生理性状也发生了明显的变化^[2-6].郑洪兵等^[7]研究表明,老品种的冠层

结构呈伞型,新品种的冠层结构呈宝塔型,在一定条件下,叶面积指数(LAI)越大,产量就越高.李大勇等^[8]对新老大豆品种叶片光合特性的比较认为,叶片的净光合速率与产量相关最显著,新品种的光合特性高于老品种.作物产量的90%~95%的物质来

收稿日期: 2008-09-24

作者简介: 庄波(1983—),女,硕士研究生;通讯作者: 徐克章(1954—),男,教授, E-mail: kzx0708@yahoo.com.cn

基金项目: 国家自然科学基金(30871547)

自光合作用的产物,而作物光合能力的变化在很大程度上影响着作物的生长发育,最终影响产量的形成^[9].因此,光合作用是决定产量的最重要因素^[10].以往的研究均是对整株产量水平和功能叶片光合速率进行的研究,关于大豆冠层不同层次间的产量特性中光合特性的研究较少.本文将新老大豆品种按植株平均高度将冠层等分成上、中、下3层,并对植株冠层不同层次的产量、LAI、光合速率和光合能力等指标进行研究,为探讨新老品种产量差异的原因及其限制因子提供一定的理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

1996—2005年间育成的5个大豆新品种吉林36、吉林38、吉林47、吉林45和吉林16,平均产量为2 301 kg/hm²;1923—1956年间育成的5个老品种黄宝珠、满仓金、元宝金、金元1号和集体5号,平均产量为1 381 kg/hm²,除吉农16由吉林农业大学大豆创新中心提供外,其余均由吉林省农业科学院大豆品种资源室提供.

1.2 方法

试验于2007年在吉林农业大学实验站进行,每个品种种植5行,行距65 cm,行长5 m,定苗时密度20万株/hm²,随机区组设计,3次重复.5月1日播种,正常田间管理.

根据植株平均高度将冠层等分成上、中、下3层,分别在盛花期和结荚盛期取每层中间叶片进行测定,每个品种测定3株,取平均值.叶面积用CI-203便携式激光叶面积仪测定.叶面积指数用CI-110冠层分析仪测定.用LI-6400型光合测定系统于上午9:00—11:00测定叶片净光合速率,采用固定红蓝光源,光照强度为1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

光合能力 = 净光合速率 × 叶面积.

成熟期取中间3行,两头各去0.5 m,收获脱粒后待种子水分质量分数降低到10%时测单位面积产量.

用Excel进行数据的初步处理,应用唐启义等^[11]开发的DPS软件对参数的平均值进行方差分析.

2 结果与分析

2.1 新、老大豆品种冠层产量的比较

从10个新老大豆品种的产量(表1)来看,新品种的产量比老品种提高了66.60%,新、老品种总产量差异显著($P < 0.01$).同时,新、老品种产量在植株不同冠层分布也不同.新品种产量主要集中在中上

部,下部产量较低.老品种产量主要集中在中部,上部和下部均较少.新、老品种下部的产量差异不显著,中、上部的产量差异极显著($P < 0.01$).新品种上、中、下3层产量比例分别为42.97%、45.78%、11.26%,老品种上、中、下3层产量比例分别为24.04%、49.99%、25.96%.

表1 新、老大豆品种冠层产量及总产量¹⁾

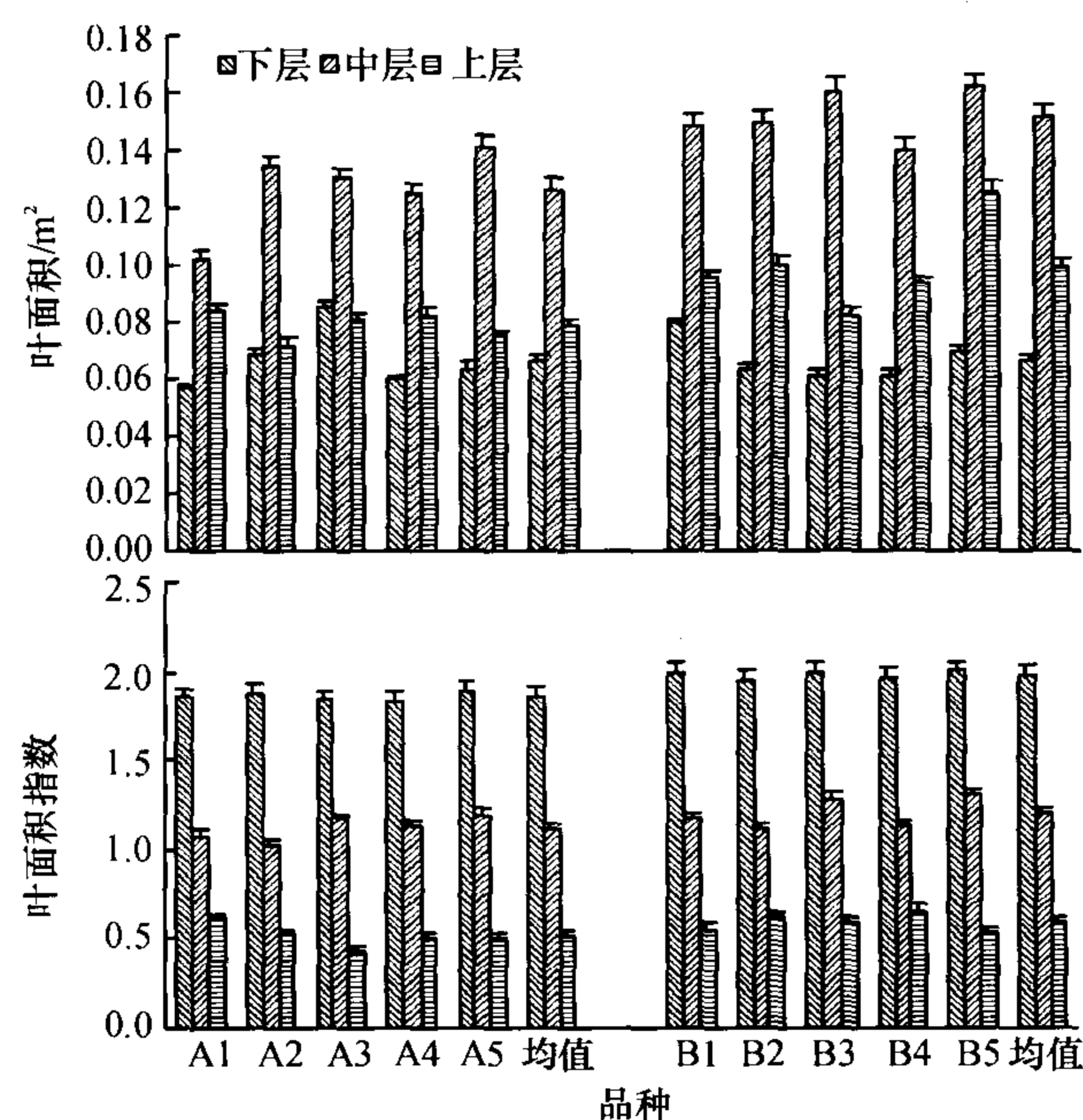
Tab. 1 The yield and total yield of modern and old soybean cultivars at different canopy kg · hm⁻²

年代	品种	产量			总产量
		上层	中层	下层	
1923—1956	黄宝珠	442.73	791.50	225.17	1 459.40
	满仓金	302.15	822.45	443.72	1 568.32
	元宝金	336.70	546.61	331.65	1 214.96
	金元1号	274.33	636.74	317.57	1 228.63
	集体5号	305.23	655.08	476.76	1 437.07
	平均值	332.08Bb	690.16Bb	358.43Aa	1 381.60Bb
1996—2005	吉林36	1 011.00	1 004.56	408.77	2 424.33
	吉林38	850.45	1 121.52	259.75	2 231.70
	吉林47	869.92	1 005.56	229.13	2 104.61
	吉林45	945.92	1 046.26	276.75	2 268.92
	吉林16	1 211.21	1 134.31	133.98	2 479.49
	平均值	997.23Aa	1 062.14Aa	261.22Aa	2 301.81Aa

1) 同列平均值后小、大写字母不同分别表示新、老品种在0.05、0.01水平上差异显著

2.2 新、老大豆品种叶面积、叶面积指数的比较

新品种植株叶面积和叶面积指数(LAI)均大于老品种,但差异不显著(图1).从冠层的叶面积和LAI



A1:黄宝珠, A2:满仓金, A3:元宝金, A4:金元1号, A5:集体5号, B1:吉林36, B2:吉林38, B3:吉林47, B4:吉林45, B5:吉林16

图1 新、老大豆品种单株冠层叶面积和叶面积指数的比较

Fig. 1 Comparison of leaf area of plant canopy and leaf area index between modern and old soybean cultivars

的分布来看,新、老品种叶面积均表现为中层最高、上层次之、下层最低的特点,且新、老品种冠层叶面积比例基本相同.新品种上、中、下部的 LAI 分别占全冠层的 15.45%、31.41% 和 53.14%,老品种上、中、下部的 LAI 分别占全冠层的 14.57%、32.00% 和 53.43%.可见,新、老品种冠层叶面积和 LAI 的分布基本一致.

2.3 新、老大豆品种净光合速率的比较

从冠层的净光合速率(P_n)(表2)来看,新品种冠层叶片的 P_n 均显著高于老品种($P < 0.01$).新、老品种均表现出上层的 P_n 最高、中层次之、下层最低的趋势.新品种冠层上、中、下部的 P_n 分别比老品种提高了 2.1、2.7 和 4.4 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,新品种冠层光合速率以下层提高最多、中层次之、上层提高最少.

表2 新、老大豆品种净光合速率的比较¹⁾

Tab.2 Comparison of P_n of canopy between modern and old soybean cultivars

年代	品种	净光合速率/($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		
		上层	中层	下层
1923—1956	黄宝珠	21.6	19.8	15.4
	V 满仓金	22.2	20.2	15.7
	元宝金	20.6	19.0	15.6
	金元1号	22.9	18.7	15.9
	集体5号	22.4	19.9	16.3
	平均值	21.9b	19.5b	15.8b
1996—2005	吉林36	23.1	22.3	20.4
	吉林38	24.0	21.8	18.1
	吉林47	25.5	20.5	19.9
	吉林45	24.2	23.4	22.8
	吉林16	23.4	22.8	20.0
	平均值	24.0a	22.2a	20.2a

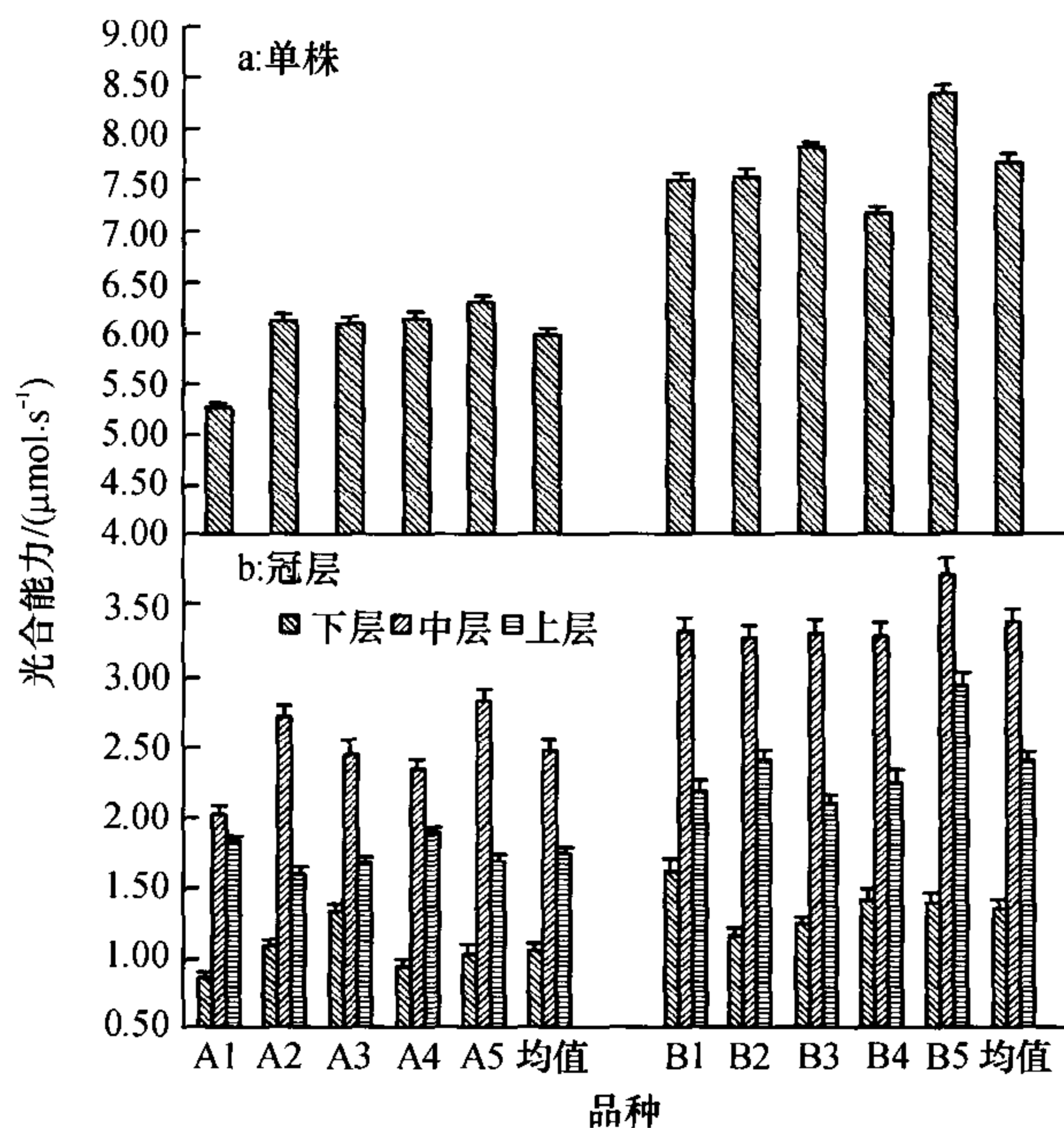
1) 同列平均值后小写字母不同示在 0.05 水平上差异显著

2.4 新、老大豆品种光合能力的变化

由于大豆新品种的叶面积、净光合速率均高于老品种,新品种的冠层和单株光合能力也显著高于老品种(图2).对10个新、老大豆品种单株光合能力的计算表明,5个新品种的平均光合能力比老品种提高了 28.77%.5个新品种上、中、下冠层的光合能力分别比老品种提高 37.36%、36.84% 和 29.52%,且上层提高最多、中层次之、下层最少.

2.5 新、老品种冠层产量和光合能力的比较

新品种的总产量、总叶面积、总叶面积指数、总净光合速率、总光合能力均比老品种有不同程度的提高,其中以产量提高最大(表3).除净光合速率外新品种均表现出以上层提高最大,中层次之,下层提高最小的变化特点.



A1:黄宝珠, A2:满仓金, A3:元宝金, A4:金元1号, A5:集体5号, B1:吉林36, B2:吉林38, B3:吉林47, B4:吉林45, B5:吉林16

图2 新、老大豆品种光合能力的变化

Fig.2 Variation of photosynthetic ability of modern and old soybean cultivars

表3 新品种冠层产量、叶面积、叶面积指数、净光合速率、光合能力较老品种提高百分率

Tab.3 Increased percentage of modern soybean cultivars yield, leaf area, LAI, P_n , photosynthetic ability than old soybean cultivars in different canopy

项目	上层	中层	下层	总量
产量	200.30	52.45	-27.12	66.60
叶面积	25.00	15.38	0.60	18.52
叶面积指数	15.69	7.14	6.42	8.00
净光合速率	9.52	13.80	28.47	9.52
光合能力	37.36	36.84	29.52	28.77

3 讨论

Ustun 等^[12]发现,美国 60 年来大豆新品种的平均产量增加了 66.67%. Voldeng 等^[2]发现加拿大大豆产量以每年 0.5%~0.7% 的速度增长.本研究表明,相差 60 多年的新、老品种产量差异显著,新品种比老品种产量增加了 66.60%,这与 Ustun 等^[12]和 Voldeng 等^[2]的研究结果基本一致;新品种产量主要集中在冠层的中上部,而老品种的产量则以冠层中部最大.

适宜的叶面积指数(LAI)是建立良好大豆冠层结构和高产稳产的基础,较高的 LAI 有利于大豆叶片对光能的吸收,促进光合产物的积累和产量的形成^[7,13].尹田夫等^[14]认为, LAI 与产量呈显著正向相关.本研究发现,新品种冠层 LAI 较老品种有所提

高.但过高的 LAI 可导致冠层郁闭,不利于产量形成.胡明祥等^[15]认为高峰时期(R3 期)的大豆最适宜 LAI 应在 5 左右.笔者对盛花期和结荚盛期的研究表明,5 个新品种 LAI 均在 3.7~4.0 之间,低于胡明祥等^[15]的报道,这可能是由于测定时期不同引起的.

许多研究表明,高产大豆品种功能叶片的光合速率高于老品种^[16-28],本研究也发现,由于新品种叶面积、叶面积指数和叶片的光合速率高于老品种,使新品种植株的光合能力也得到了显著提高.从冠层不同部位的提高百分率的比较来看,新品种冠层的光合能力,特别是冠层下部的净光合速率和冠层上部的叶面积得到了明显提高.郑洪兵等^[7]研究发现,老品种的冠层结构呈伞型,新品种的冠层结构呈宝塔型,说明随着冠层结构的变化,新品种下层叶片的光合能力得到改善.

本文结果表明,新大豆品种产量的提高是由于冠层的叶面积、叶面积指数、光合速率、光合能力的改善综合作用的结果,其中以新品种冠层的光合能力、冠层下部的净光合速率和冠层上部的叶面积提高最大.这些结果对高产大豆品种的选育和栽培实践有一定的理论意义,有待于结合冠层微环境的变化进一步揭示高产品种产量提高的机理.

参考文献:

- [1] 孙卓韬,董钻.大豆株型、群体结构与产量关系的研究:第2报:大豆群体冠层的荚粒分布[J].大豆科学,1986,5(2):91-102.
- [2] VOLDENG H D,CCOBER E R,HUME D J,et al. Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada[J].Crop Science,1997,37:428-431.
- [3] LUEDDERS V D. Genetic improvement in yield of soybeans [J].Crop Science,1977,17:971-972.
- [4] WILCOX J R. Genetic improvement of soybeans in the Midwest [J].Crop Science,1979,19:803-805.
- [5] MORRISON M J,VOLDENG H D,COBER E R. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada [J].Agronomy Journal,1999,91:685-689.
- [6] 田伟华,徐克章,翟俊峰,等.吉林省不同年代大豆品种遗传改良过程中某些农艺性状的变化[J].中国油料作物学报,2007,29(4):397-401.
- [7] 郑洪兵,徐克章,赵洪祥,等.吉林省不同年代大豆品种某些株型性状的演变[J].中国油料作物学报,2006,28(3):276-281.
- [8] 李大勇,徐克章,张治安,等.新老大豆品种叶片光合特性的比较[J].中国油料作物学报,2007,29(3):281-285.
- [9] 董振国.农田作物层环境生态[M].北京:中国农业科技出版社,1994:4-320.
- [10] 杜维广,张桂茹,满为群,等.大豆光合作用与产量关系的研究[J].大豆科学,1999,18(2):154-159.
- [11] 唐启义,冯明光.使用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M].北京:中国农业出版社,1979:40-60.
- [12] USTUN A,ALLEN F L,ENGLISH B C. Genetic progress in soybean of the US midmonth[J].Crop Science. 2001,41:993-998.
- [13] 金剑,刘晓冰,王光华.不同熟期大豆 R4-R5 期冠层某些生理生态性状与产量的关系[J].中国农业科学,2004,37(9):1293-1300.
- [14] 尹田夫,王金陵.大豆冠层透光性的研究[J].东北农业大学学报,1982,1(2):93-102.
- [15] 胡明祥,李开明,田佩站,等.大豆高产株型育种研究[J].大豆科学,1980(3):1-13.
- [16] 郑家兰.不同播种方式对大豆光合效率及产量性状影响的研究[J].东北农业大学学报,1983,2(4):43-48.
- [17] ZHU G J,JIANG G M,HAO N B,et al. Relationship between ecophysiological features and grain yield in different soybean varieties. [J].Acta Botanica Sinica,2002,44(6):725-730.
- [18] 潘大仁,林德波.不同播期超甜玉米光合特性与产量的初步研究[J].福建农业大学学报,1998,27(4):402-404.
- [19] 游明安,盖钧镒,吴晓春,等.大豆产量空间分布特性的初步研究[J].大豆科学,1993,12(1):64-69.
- [20] 陶丹,王萍,宋海星,等.国外早熟大豆冠层粒重分布与产量的关系[J].大豆科学,2001,20(2):146-148.
- [21] PURCELL L C. Soybean canopy coverage and light interception measurements using digital imagery [J].Crop Science,2000,40:834-837.
- [22] MUJDE K,CELALEDDIN B,IBRAHIM G. Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheats in a mediterranean environment [J].Crop Science,2003,43:2089-2098.
- [23] 张贤泽,马占峰,赵淑文,等.大豆不同品种光合速率与产量关系的研究[J].作物学报,1986,12(1):43-48.
- [24] UPMERYER D J,KOLLER H R. Diurnal trends in net photosynthetic rate and carbohydrate levels of soybean leaves [J].Plant Physiology,1973,51:871-874.
- [25] BHAGSARI A S,BROWN R H. Leaf photosynthesis and its correlation with leaf area[J].Crop Science,1986,26:127-132.
- [26] BUTTER B R,BUZZEL R I,FINDLAY W I. Relationships among photosynthetic rate,bean yield and other characters in field grown cultivars of soybean[J].Can J Plant Sci,1981,61:191-198.
- [27] DORNHOFF G M,SHIBLES R M. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves [J].Crop Science,1970,10:42-45.
- [28] OJIMA M,KAWASHIMA R. Studies of seed production of soybean: V: Varietal differences in photosynthetic rate of soybean[J].Proc Crop Sci Soc Jpn,1968,37:667-675.

【责任编辑 周志红】