

高产春大豆冠层光合物质生产及转运特性研究

王 瑞¹, 朱文文², 马腾武³, 张 正^{1*}

(1. 伊犁州农业科学研究所, 新疆 伊宁 835000; 2. 新疆维吾尔自治区种业发展中心, 乌鲁木齐 830000; 3. 新疆华夏农业有限公司, 乌鲁木齐 830000)

摘 要:为明确高产大豆冠层干物质积累及转运特性,以不同产量水平大豆品种为试材,研究了高产春大豆干物质时空分布,营养器官干物质转移量、转移率及对籽粒的贡献率。结果表明,石大豆2号和黑农63叶面积指数均在R4期达最大,R4至R7期,石大豆2号叶面积指数显著大于对照黑农63,主要是由下部和上部叶面积指数差异所导致。石大豆2号单株干物质积累快增期比黑农63多8.5 d,干物质在荚壳+籽粒中的分配比例高达60%,比黑农63高16.7%;两品种单株干物质转移量、转移率及对籽粒的贡献率均表现为:上部>中部>下部。石大豆2号下部、中部、上部单株干物质转移量、转移率均明显高于黑农63,下部、中部和上部干物质转移量分别比黑农63高79.6%、34.6%、28.3%,转移率分别比黑农63高64.8%、15.7%、7.2%。石大豆2号产量达5 452.2 kg/hm²,比黑农63高1 115.7 kg/hm²,主要是由于中上部单株荚数和粒数差异所导致。因此,在大豆生产过程中,在确保植株中上部荚粒的同时,兼顾植株冠层下部产量是大豆增产的关键。

关键词: 大豆;物质生产;转移;高产

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2023)02-0013-05

Photosynthetic Materials and Production and Transport Characteristics of High-Yield Spring Soybean Canopy

WANG Rui¹, ZHU Wenwen², MA Tengwu³, ZHANG Zheng^{1*}

(1. Ili Prefecture Agricultural Science Research Institute, Yining 835000; 2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Seed Industry Development Center, Urumchi 830000; 3. Xinjiang Huaxia Agriculture Co., Ltd, Urumchi 830000, China)

Abstract: In order to clarify the dry matter accumulation and transport characteristics of high-yield soybean canopy, two soybean varieties were used as test materials. The samples were dried according to different parts and organs, and studied. Temporal and spatial distribution of dry matter of high-yield spring soybean, dry matter transfer of nutrient organs, transfer rate and contribution rate to grain. The results showed that the leaf area index of Shidadou2 and Heinong63 reached the maximum in the R4 stage, and the leaf area index of the Shidadou2 was significantly larger than that of the control Heinong63 in the R4 to R7 period, mainly due to the difference in leaf area index between the lower part and the upper part. The result is that the leaf area index of the two varieties is the largest, followed by the upper part and the lower part. The dry matter accumulation rate of Shidadou2 was 8.5 d higher than that of Heinong63. The distribution of dry matter in pod + grain was as high as 60%, 16.7% higher than that of Heinong63. The amount of transfer, transfer rate and contribution rate to grain were all expressed as upper > middle > lower. The dry matter transfer rate and transfer rate of the lower, middle and upper parts of Shidadou2 were significantly higher than that of Heinong63, and the dry matter transfer of the lower, middle and upper parts was 79.6%, 34.6% and 28.3% higher than that of Heinong63, respectively. The transfer rate was 64.8%, 15.7%, and 7.2% higher than that of Heinong63, respectively. The highest yield of Shidadou2 was 5452.2 kg/ha, which was 1115.7 kg/ha higher than that of Heinong63, mainly due to the difference in pod number and grain number in the middle and upper parts. Therefore, in the soybean production process, while ensuring the upper and lower pods of the plant,

收稿日期:2020-01-03

基金项目:国家麻类产业技术体系项目(CARS-16S20)

作者简介:王 瑞(1969-),女,农艺师,主要从事大豆高产生理研究。

通讯作者:张 正,男,高级农艺师,E-mail: 1308477364@qq.com

taking into account the lower yield of the canopy of the plant is the key to increasing soybean yield.

Key words: Soybean; Material production; Transfer; High yield

目前,我国已成为世界上大豆进口对外依存度最高的国家,为缓解大豆消费需求持续增加的矛盾,培育高产大豆品种进而增产是有效途径之一^[1]。大量研究表明,作物干物质生产是产量形成的基础。多年来,许多研究人员也从不同角度对大豆干物质积累与分配进行了大量的研究,合理的冠层结构及干物质积累与分配有利于作物产量的提高^[2-3]。胡根海等^[4]研究认为,大豆干物质积累峰值出现在结荚期至鼓粒盛期。结荚期叶面积指数、干物质积累量与产量均达显著相关^[5-6]。宋慧等^[7]研究表明,高产小豆各器官干物质积累和转运能力强,主茎上部开花节位叶片是籽粒充实的主要源器官,其转运率高达17.23%~22.31%,对籽粒产量的贡献率最大。崔亮等^[8]研究表明,带状套作大豆营养器官干物质的积累速率、转运量、转移率和贡献率与产量及产量的构成呈显著正相关。新疆是我国春大豆高产区,多次创造全国高产纪录^[9],本试验以高产品种石大豆2号和对照品种黑农63为试材,研究了高产春大豆冠层不同部位干物质积累、分配、转运动态变化,以期为大豆高产栽培和育种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验条件及试验设计

2017年,试验在新疆伊宁市伊犁州农业科学研究所试验田进行。试验地为沙壤土。供试大豆品种为石大豆2号(高产品种),中熟品种,生育期120 d左右,亚有限结荚习性,叶披针形,紫花,籽粒椭圆,种皮黄色。黑农63(低产品种),中熟品种,生育期117 d左右,亚有限结荚习性,尖叶,紫花,籽粒圆形,种皮黄色。试验采用随机设计,3次重复,共6个小区,每小区的面积均为20 m²,等行距40 cm,每公顷理论保苗29.8万株。播种前分别基施磷酸二铵和尿素150 kg/hm²、100 kg/hm²。4月16日人工开沟条播,5月2日定苗;在初花期、盛花期、初荚期、盛荚期、鼓粒期各灌水450 m³/hm²,全生育期累积灌水量为2 250 m³/hm²。初花期在行距中间沟施尿素150 kg/hm²,6月28日人工喷施叶面肥。其他栽培管理措施同当地大田生产一致。待大豆完熟时及时收获考种。

1.2 测定项目与方法

于大豆主要生育时期初花期(R1)、盛花期

(R2)、初荚期(R3)、盛荚期(R4)、始粒期(R5)、成熟期(R7),在各处理小区内选择具有代表性的植株各5株带回实验室,在始粒期各处理分节挂牌标记5株,成熟时按节收集脱落的叶片和叶柄并带回实验室,均按照大豆株高均值,将冠层分成上、中、下3个冠层部位,然后分解成茎、叶+叶柄、荚壳+籽粒,分别装入纸袋,在80℃下烘干至恒重后称重,利用比叶重法计算叶面积。待大豆成熟时,每小区实收3.2 m²,人工脱粒称重,计算产量(籽粒含水量13.5%),同时每小区取10株大豆带回实验室考种,分不同部位逐株测定大豆产量构成因素。单株总腔数=单株空腔数+单株粒数;结实率=单株粒数/单株总腔数。参照高阳等^[10]的方法计算干物质转移量、转移率及对籽粒的贡献率。

茎秆干物质转移量(g/株)=茎秆最大干物质积累量-完熟期茎秆干物质积累量;茎秆干物质转移率(%)=(茎秆最大干物质积累量-完熟期茎秆干物质积累量)/茎秆最大干物质积累量;茎秆对籽粒的贡献率(%)=(茎秆最大干物质积累量-完熟期茎秆干物质积累量)/(籽粒干重-茎秆最大干物质积累量时籽粒干重)×100%,叶片和叶柄的计算方法与其一致。

应用Logistic方程对单株干物质积累过程进行拟合。 $Y=K/[1+e^{(a+bx)}]$,Y为大豆单株干物质积累量,X为大豆出苗后天数,a、b、K为待定系数。对Logistic方程进行一系列求导若干指标:干物质积累速率方程为 $Y=-bKe^{(a+bx)}/[1+e^{(a+bx)}]^2$;干物质积累速率达最大的时刻为 $t_0=-a/b$,此时最大速率为 $V_1=-bK/4$;干物质快增期开始日期 $t_1=(a-1.317)/-b$;干物质快增期结束日期 $t_2=(a+1.317)/-b$;单株干物质快增期的开始日期和结束日期的干物质积累量方程 $W_1=K/[1+e^{(a+bx_1)}]$ 和 $W_2=K/[1+e^{(a+bx_2)}]$;快增期大豆干物质积累平均速率 $V_2=(W_2-W_1)/\Delta t$;干物质快增期持续时间 $\Delta t=t_2-t_1$ 。

1.3 统计分析方法

采用SPSS 19.0统计分析软件进行数据分析,采用单因素(one-way ANOVA)和Duncan法进行方差分析和多重比较。用Excel 2016软件绘图。

2 结果与分析

2.1 高产大豆冠层叶面积指数时空分布

由图1(A)可知,两品种叶面积指数随生育进

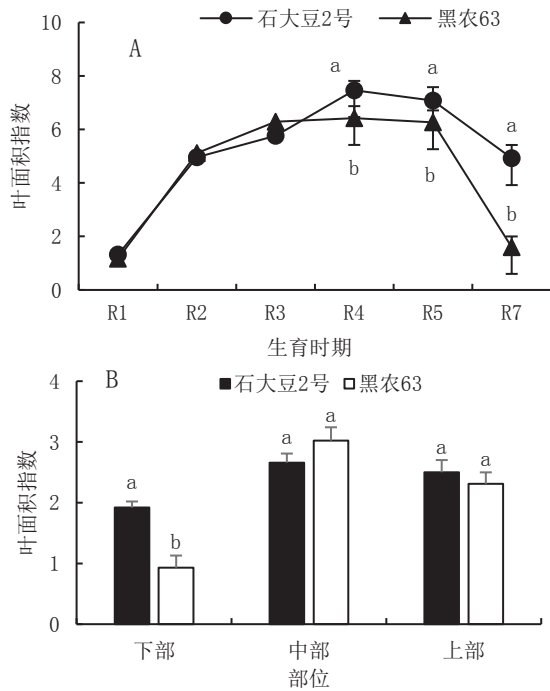


图1 不同品种叶面积时空分布

程的推进呈先增加后减少的趋势,均在R4期达最大。高产品种石大豆2号和对照黑农63在R1至R3之间叶面积指数差异不明显,之后两品种差异

达极显著水平,均表现为石大豆2号大于黑农63, R4、R5、R7期,石大豆2号分别比黑农63高14%、12%、67%,且生育后期,石大豆2号叶面积指数下降幅度远小于黑农63。由图1(B)可知,在大豆叶片定型后,石大豆2号下部和上部叶面积指数显著高于黑农63,但中部低于黑农63。

2.2 高产大豆冠层干物质积累特征参数

由表1可知,两品种单株干物质积累量与出苗天数的 Logistic 拟合方程效果较好,均达到0.97以上。虽然黑农63单株干物质快增期开始时间比石大豆2号早6.2 d,但结束时间比石大豆2号早了整整14.7 d,最终导致石大豆2号单株干物质积累快增期比黑农63多8.5 d,快增期干物质积累平均速率每株高0.13 g/d。石大豆2号和黑农63干物质积累速率达最大的时刻分别在出苗后的69.6 d、59.2 d,此时最大速率分别为1.16、0.92。由图2可知,两品种单株干物质积累量随生育进程的推进呈缓慢-急速-缓慢-平缓的上升趋势,在R1~R3期,两品种间干物质积累量没有差异,后表现为石大豆2号显著高于黑农63。

表1 大豆品种单株干物质积累量(Y)与出苗后天数(X)的回归方程

品种	回归方程	R ²	t ₁	t ₂	Δt	t ₀	V ₁	W ₁	W ₂	V ₂
石大豆2号	$Y=51.4967/(1+e^{5.7320-0.08234X})$	0.9795**	53.6	85.6	32.0	69.6	1.1	10.9	40.6	0.9
黑农63	$Y=31.6523/(1+e^{6.6443-0.11231X})$	0.9892**	47.4	70.9	23.5	59.2	0.9	6.7	25.0	0.8

注: t₁为快增期开始时间, t₂为快增期结束时间, Δt为快增期持续时间, t₀为最大干物质积累速率时间, V₁为最大干物质积累速率, W₁为快增期开始时干物质积累量, W₂为快增期结束时干物质积累量, W₂-W₁为快增期内干物质增量, V₂为快增期平均积累速率,下同

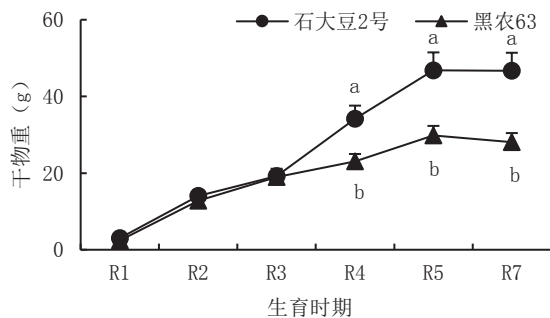


图2 不同品种干物质积累动态

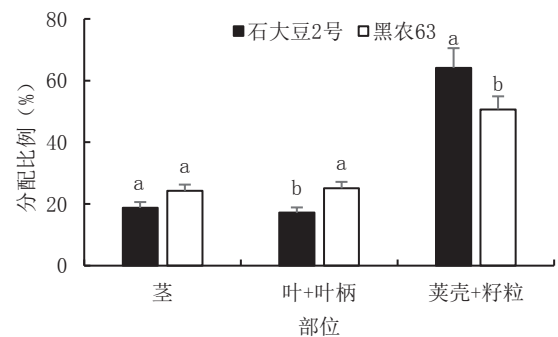


图3 不同大豆品种成熟期干物质分配比例

2.3 成熟期高产大豆干物质在各器官中的分配比例

适宜的干物质在不同器官中的分配比例有利于作物增产,在大豆成熟时收集脱落的叶片和叶柄并称量。由图3可知,石大豆2号干物质在茎、叶+叶柄中的分配比例分别比黑农63低12%和

14%,但其在荚壳+籽粒中的分配比例高达60%,比黑农63高16.7%。

2.4 高产大豆冠层营养器官干物质转移量、转移率和对籽粒的贡献率

由图4可知,石大豆2号下部、中部、上部单株干物质转移量、转移率均明显高于黑农63。同一

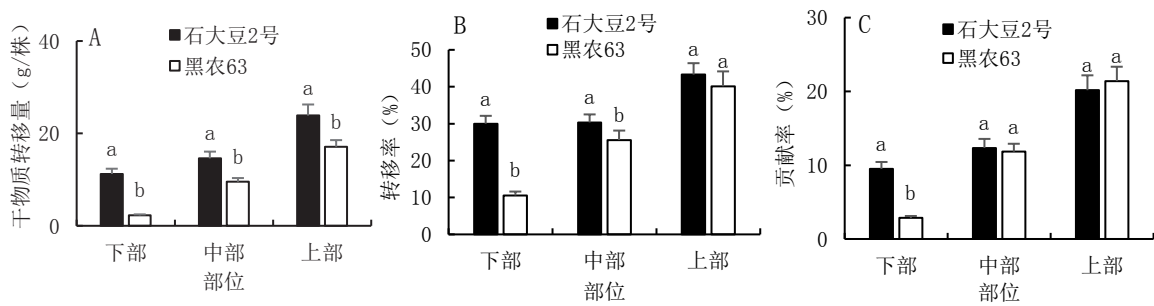


图4 不同品种不同部位营养物质转移量、转移率、对籽粒贡献率

品种不同部位间进行比较,单株干物质转移量、转移率及对籽粒的贡献率均表现为:上部>中部>下部。石大豆2号下部、中部和上部干物质转移量分别比黑农63高79.6%、34.6%、28.3%,转移率分别比黑农63高64.8%、15.7%、7.2%。石大豆2号下部干物质对籽粒的贡献率高达到9.5%,比黑农63高69.9%,中部两品种间干物质对籽粒的贡献率没有差异,上部略低于黑农63,但差异不显著。

2.5 高产大豆产量及产量构成因素

由表2可知,石大豆2号产量达5452.2 kg/hm²,比黑农63高1115.7 kg/hm²。收获株数和百粒重两品种间没有差异,石大豆2号单株荚数、单株粒数、结实率分别比黑农63多11.8个/株、17.8粒/株,结实率高6.4%。由图5可知,石大豆2号下部、中部、上部单株荚数分别比黑农63高34.3%、24.6%、31%;除下部单株粒数比黑农63低2%外,中部、上部单株粒数分别比黑农63高12%和27%。

表2 大豆产量构成

品种	收获株数($\times 10^4$ 株/hm ²)	单株荚数(个/株)	单株粒数(粒/株)	百粒重(g)	结实率(%)	产量(kg/hm ²)
石大豆2号	29.8aA	40.9aA	91.5aA	20.4aA	85.3aA	5452.2aA
黑农63	29.6aA	29.1bB	73.7bB	19.5aA	79.8bB	4336.5bB

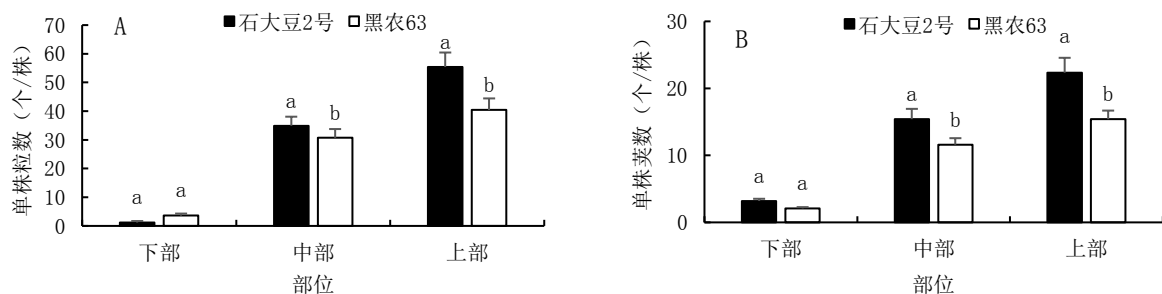


图5 不同品种不同部位单株粒数、单株荚数

3 结论与讨论

相比收获指数而言,提高大豆生物学产量更有利于大豆增产^[11]。高产大豆生物量大,收获指数高,生殖生长持续时间长^[12]。生育时期内叶面积猛增陡降均不利大豆产量的提高^[13]。魏建军等^[14]研究表明,超高产(≥ 5625 kg/hm²)大豆中黄35的生物产量为13943.2 kg/hm²,收获指数为39.6%。本试验结果表明,石大豆2号和黑农63叶面积指数均在R4期达最大,R4至R7期,高产大豆2号叶面积指数显著大于对照黑农63,且生育后期,下降幅度较小。在R5期,石大豆2号下部和上部叶面

积指数极显著或显著高于黑农63,但中部低于黑农63。两品种中部叶面积指数最大,其次是上部,下部最低。石大豆2号单株干物质积累快增期比黑农63多8.5 d,快增期干物质积累平均速率每株高0.13 g/d。石大豆2号干物质在荚壳+籽粒中的分配比例高达60%,比黑农63高16.7%。高阳等^[10]研究认为,增施氮肥产量提高关键是增加春大豆茎秆中上部节物质向籽粒的转移量、转移率和对粒重的贡献率,雷婷等^[15]对套作大豆的研究也得出相似结论。本试验结果表明,单株干物质转移量、转移率及对籽粒的贡献率均表现为:上部>中部>下部。高产品种石大豆2号下部、中

部、上部单株干物质转移量、转移率均明显高于黑农 63,下部、中部和上部干物质转移量分别比黑农 63 高 79.6%、34.6%、28.3%,转移率分别比黑农 63 高 64.8%、15.7%、7.2%。石大豆 2 号下部干物质对籽粒的贡献率高达 9.5%,比黑农 63 高 69.9%,中部两品种间干物质对籽粒的贡献率没有差异,上部略低于黑农 63,但差异不显著,这也可能是石大豆 2 号高产的原因之一。石大豆 2 号产量最高,达 5 452.2 kg/hm²,比黑农 63 高 1 115.7 kg/hm²,主要是由于中上部单株荚数和粒数差异所导致;石大豆 2 号单株荚数、单株粒数、结实率分别比黑农 63 多 11.8 个/株、17.8 粒/株,结实率高 6.4%;收获株数和百粒重两品种间没有差异。所以,在大豆高产栽培中,确保大豆冠层中部和上部荚粒数的前提下,充分发掘冠层下部光合物质生产及对籽粒的高效运转能力对提高大豆产量十分重要。

参考文献:

- [1] 郭天宝. 中国大豆生产困境与出路研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2017.
- [2] 孙贵荒, 刘晓丽, 董丽杰, 等. 高产大豆干物质积累与产量关系的研究[J]. 大豆科学, 2002, 21(3): 199-202.
- [3] 郑宇宏, 陈 亮, 孟凡凡, 等. 吉林省不同年代大豆育成品种产量与品质性状变化趋势[J]. 东北农业科学, 2016, 41(6): 45-49.
- [4] 胡根海, 章建新, 唐长青. 北疆春大豆生长动态及干物质积累与分配[J]. 新疆农业科学, 2002, 39(5): 264-267.
- [5] 邹原东. 黑豆叶面积指数及干物质积累与产量的关系[J]. 杂粮作物, 2009, 29(2): 93-94.
- [6] 张晓艳, 杜吉到, 郑殿峰, 等. 大豆不同群体叶面积指数及干物质积累与产量的关系[J]. 中国农学通报, 2006, 22(11): 161-163.
- [7] 宋 慧, 冯佰利, 高小丽, 等. 不同品种(系)小豆花后干物质积累与转运特性[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(10): 94-100.
- [8] 崔 亮, 黄 妮, 刘 江, 等. 玉米-大豆带状套作下玉米株型对大豆干物质积累和产量形成的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(8): 2414-2420.
- [9] 王岚孙, 赵荣娟, 王连铮, 等. 大豆超高产品种选育研究进展[J]. 大豆科学, 2013, 32(5): 687-693.
- [10] 高 阳, 傅积海, 章建新, 等. 施氮量对滴灌高产春大豆干物质积累及转运特性的影响[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(12): 21-30.
- [11] Kantolic A G, Slafer G A. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars[J]. Field Crops Research, 2001, 72(2): 109-118.
- [12] Hanson W D. Phenotypic recurrent selection for modified reproductive period in soybean[J]. Crop Science, 1992, 32(4): 968-972.
- [13] 董 钻, 祁明楣, 罗文春, 等. 大豆亩产 450 斤的生理参数及栽培措施初探[J]. 大豆科学, 1982, 1(2): 131-140.
- [14] 魏建军, 罗庚彤, 张 力, 等. 中黄 35 超高产大豆群体的生理参数[J]. 作物学报, 2009, 35(3): 506-511.
- [15] 雷 婷, 向达兵, 郭 凯, 等. 磷钾对套作大豆干物质积累与分配及产量的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2012, 38(3): 318-328.

(责任编辑:刘洪霞)