

大豆植株不同冠层籽粒干物质积累动态及产量分布

吴奇峰¹,相吉山²,董志新³

(1. 新疆农垦科学院 科研处,新疆 石河子 832000; 2. 新疆农垦科学院 作物所,新疆 石河子 832000; 3. 石河子大学 农学院,新疆 石河子 832000)

摘要:研究了高产大豆品种新大豆1号、石大豆1号和黑农40在不同施氮水平(0、180、360 kg·hm⁻²)和不同密度(15、30万株·hm⁻²)处理下植株不同冠层籽粒干物质的积累动态及其产量分布。结果表明:大豆植株上、中、下层籽粒在形成过程中干物质积累的动态变化均极显著拟合于 Logistic 曲线方程;不同冠层中、下层籽粒到达干物质积累最快的时间比中、上层晚,并且在干物质积累最快时,每粒的日平均增长量也比中、上层小;植株籽粒干物质积累量及最终的产量形成均集中在中、上层籽粒。3个品种下层籽粒干物质积累量在不同施氮处理间差异不显著,中、上层籽粒各施氮处理间差异均显著;增加施氮量主要提高了鼓粒中、后期籽粒干物质积累量。植株中、上层籽粒的干物质积累随着种植密度的增加而增加,而下层的变化不明显;密度的增加对促进植株中、后期籽粒鼓粒效果显著。大豆植株的籽粒产量在垂直方向上为上层>中层>下层,平均值分别占单株产量的49.50%、42.94%、7.56%;在水平方向上为主茎>分枝,平均值分别占单株产量的73.08%和26.92%。

关键词:大豆;冠层;干物质积累;产量分布

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)04-0596-06

Seed Dry Matter Dynamic Accumulation and Yield Distribution in Different Canopy of Soybean

WU Qi-feng¹, XIANG Ji-shan², DONG Zhi-xin³

(1. Scientific Research Administration, Xinjiang Academy of Agri-Reclamation Sciences, Shihezi 832000; 2. Institute of Crop Science, Xinjiang Academy of Agri-Reclamation Sciences, Shihezi 832000; 3. Biology College, Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang, China)

Abstract: Many soybean yield record have been created in Xinjiang oasis area for its favorable natural conditions, but a full understanding of the physiological response, especially the seed dry matter accumulation (SDMA) under different cultivation practice is lacking. We compared seed dry matter accumulation and distribution by different canopy layers (upper, middle and lower, divided by averaged node number) and seed-fill stage (former, middle and later) of three high-yield genotypes (Xindadou 1, Shidadou 1 and Heinong 40) under three nitrogen levels (0, 180, 360 kg·ha⁻¹) and two planting densities (15, 30 × 10⁵ plants·ha⁻¹) in the field near the experiment stations of Biology College in Shihezi University (44°20'N lat; 88°03'E long). Dynamic changes of SDMA were extremely significant fitting for Logistic curve equation. The time of maximum SDMA appeared later and the daily increasing rate at peaked SDMA was slower for lower layer, compared to middle and upper layer. Seed yield were vertically concentrated in middle and upper layer (more than 90 percent) and horizontally concentrated in main stem (more than 70 percent). Nitrogen application significantly increased SDMA in middle and upper layer, but had no obvious effect on lower layer. SDMA in middle and upper layer increased linearly with planting density, especially in later seed-fill stage. Results suggest that optimal nitrogen and planting density mainly promoted SDMA in middle and upper layer, hence, increased seed yield.

Key words: Soybean; Canopy; Dry matter accumulation; Yield distribution

新疆绿洲农区地处亚欧大陆腹地,日照充足、热量丰富、水源稳定,有利于多种作物的生长。近几年来,新疆大豆生产发展迅速。凭借得天独厚的绿洲生态环境及气候、地理条件,全国大豆高产记录不断在新疆出现^[1-2]。

近年来,对高产大豆生理参数的研究越来越引

起人们的关注,其中干物质积累是人们关注的重要生理参数之一^[3]。大豆产量的形成主要取决于干物质的积累量及其在籽粒中的分配量。因此,分析不同大豆品种干物质积累量及产量形成规律,对于丰富大豆高产优质栽培理论、指导大豆生产、提供实施技术具有十分重要的意义^[4]。在大豆植株的

收稿日期:2011-03-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39860051)。

第一作者简介:吴奇峰(1979-),男,助理研究员,硕士,研究方向为作物高产生理。E-mail: wqf-2005@163.com。

生长发育过程中,大豆籽粒是生殖生长期光合产物主要存储库,鼓粒期籽粒的生长发育以及干物质积累过程直接影响大豆的产量。因此,研究大豆籽粒干物质积累及其影响因素对提高产量至关重要^[5]。目前,对大豆全株各冠层荚粒形成进行全面观测的资料比较少见^[6]。董志新等^[7]通过对新疆绿洲高产大豆的观察和分析研究,首次提出了“大豆属多生长中心作物”的观点。大豆的产量和品质的形成是在基因型和环境条件的共同作用下通过复杂的生理生化活动完成的。在一定的基因型条件下,通过适宜的栽培措施,可以使品种的优良特性得到最大的发挥^[8-9]。大豆产量与其荚粒在植株上的空间分布有密切关系,探讨产量在植株或群体空间的合理分布,对大豆理想株型设计及寻求高产途径具有重要意义^[10]。

该试验选用新疆绿洲大豆栽培区的3个主栽大豆品种,配以不同的种植密度及施肥水平设计,研究了大豆植株不同冠层籽粒的干物质积累规律及产量分布,旨在为新疆地区大豆高产栽培及新品种选育提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验采用氮肥(A)×品种(B)×密度(C)三因素随机区组设计,其中氮肥设A1(不施氮)、A2(施纯氮 180 kg·hm⁻²)、A3(施纯氮 360 kg·hm⁻²),品种设B1(新大豆1号)、B2(石大豆1号)、B3(黑农40),密度设C1(15万株·hm⁻²)、C2(30万株·hm⁻²)。共18个处理,每处理3次重复。小

区面积 14 m²,行距 40 cm,采用人工条播。各小区在播种时施重过磷酸钙 408.59 kg·hm⁻²,施占总施氮量 60% 的尿素,初花期再追施 40%。常规田间管理。

1.2 测定项目与方法

从幼荚长至 1.5 cm 左右时开始取样,每次各取荚 20 个。剥去荚皮后,烘干至恒重,测定籽粒重。每 7 d 取荚取样 1 次,直至豆荚成熟。在每次取荚的同时,另选与所取荚接近的“相似荚”(长、宽、生育时期接近)20 个左右挂牌,以备下次取样。将样株各节位平均划分为下、中、上 3 层;同时将大豆鼓粒期平均分为前、中、后 3 个时期,分别记录植株不同冠层及不同鼓粒时期籽粒的干物质积累情况。植株成熟收获时,每处理随机选取 10 株,经室内考种,分别统计样株不同冠层的籽粒产量及其荚粒组成情况。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003、SAS 8.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同冠层籽粒的干物质积累

分别对 3 个品种上、中、下 3 层干物质积累进行曲线拟合,发现均极显著($P < 0.01$)拟合于 Logistic 曲线方程;但不同冠层籽粒干物质积累进程有差异(表 1)。从表 1 可以看出,3 个品种下层籽粒到达干物质积累最快的时间均比中、上层晚 2~3 d,并且在干物质积累最快时,下层籽粒的日平均增长量也比中、上层少。

表 1 大豆植株不同冠层籽粒干物质积累

Table 1 Seed dry matter accumulation in different layer of soybean plant

品种 Variety	冠层 Canopy	Logistic 方程 Logistic equation	干物质积累最快的时间 Time of the maximum seed dry matter accumulation /Days after blossom	物质积累最快时的鼓粒速率 Seed-fill rate of the maximum accumulation /g·layer ⁻¹ ·d ⁻¹
新大豆 1 号	上层 Upper	$Y = 18.93398 / (1 + 1037.627e^{-1.488799x})$	52.11	0.294
Xindadou 1	中层 Middle	$Y = 20.07374 / (1 + 892.672e^{-1.458939x})$	52.44	0.207
	下层 Lower	$Y = 21.44518 / (1 + 134.614e^{-1.131761x})$	55.08	0.178
石大豆 1 号	上层 Upper	$Y = 18.42601 / (1 + 2022.742e^{-1.522649x})$	49.00	0.216
	Shidadou 1	中层 Middle	$Y = 19.95201 / (1 + 784.798e^{-1.305813x})$	50.26
黑农 40	下层 Lower	$Y = 18.86817 / (1 + 1365.830e^{-1.477295x})$	52.93	0.188
	上层 Upper	$Y = 18.53702 / (1 + 1804.358e^{-1.543759x})$	52.32	0.206
Heinong 40	中层 Middle	$Y = 20.06302 / (1 + 874.809e^{-1.416924x})$	53.37	0.182
	下层 Lower	$Y = 20.96928 / (1 + 1365.941e^{-1.466184x})$	54.04	0.157

进一步对 3 个品种鼓粒前、中、后期 3 个冠层干物质积累量进行分析。由图 1 可知,3 个品种各冠层籽粒平均干物质积累量均为上层 > 中层 > 下层;3 个品种各冠层籽粒干物质积累量均为鼓粒后期 > 中期 > 前期。说明大豆单株籽粒的干物质积累量

主要来源于植株中、上层籽粒;各冠层籽粒的干物质积累差异也决定了收获期籽粒产量在植株不同冠层的分布状况。植株不同冠层籽粒的干物质积累在鼓粒进程的不同时期存在差异,产量形成的关键时期在鼓粒中、后期。

新大豆1号和黑农40在鼓粒前期下层籽粒干物质积累量比重较大,接近全株籽粒干物质积累量的50%(图2)。随着生育进程的发展,构成植株籽粒干物质积累的主体依次向中、上层转移。而构成石大豆1号全株籽粒干物质积累的主体始终集中在植株的中、上层籽粒。

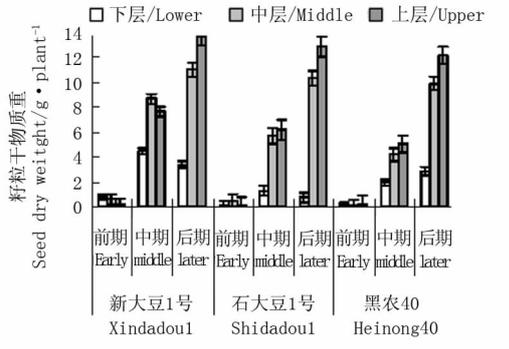


图1 不同冠层籽粒在不同鼓粒期的干物质积累量

Fig. 1 Soybean seed dry matter accumulation of different layers at seed-filling

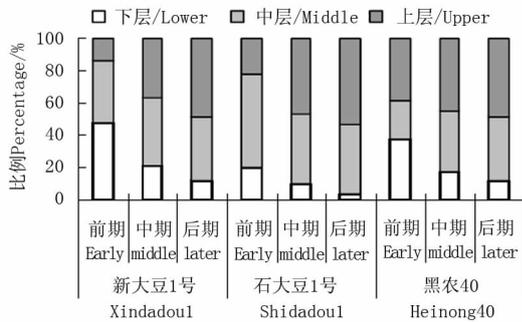


图2 不同大豆植株不同鼓粒时期各层籽粒产量的比重

Fig. 2 The proportion of different layer seed yield in different seed-filling period

2.2 氮肥对大豆籽粒干物质积累的影响

不同施氮水平各层籽粒的干物质积累如图3。方差分析表明,3个品种的下层籽粒干物质积累量在不同施氮处理间的差异均不显著,中、上层籽粒各施氮处理间干物质积累量差异显著,说明增加施氮量主要促进了中、上层籽粒的鼓粒增重。

从图4可以看出,增加施氮量主要提高了鼓粒中、后期籽粒干物质积累量。不同品种在不同鼓粒阶段的表现不同,在新大豆1号的鼓粒中期、石大豆1号的鼓粒后期、黑农40的鼓粒前期高氮处理对其籽粒干物质积累量均表现出抑制作用。

2.3 密度对大豆籽粒干物质积累的影响

不同种植密度对籽粒干物质积累的影响如图5。总的趋势是,C2水平下单株籽粒的干物质积累量大于C1水平下单株籽粒的干物质积累量;密

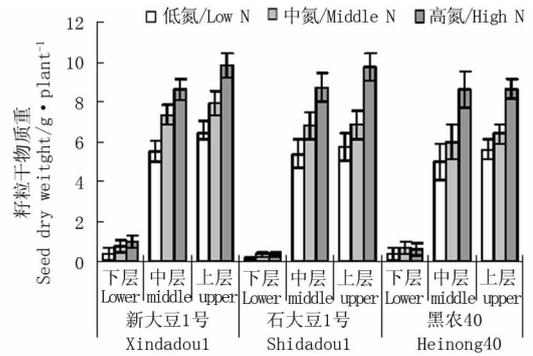


图3 不同冠层大豆籽粒在不同施氮水平的干物质积累
Fig. 3 Soybean seed dry matter accumulation of different layers at different nitrogen level

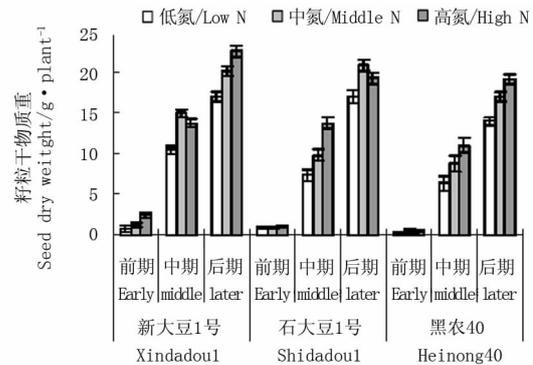


图4 不同鼓粒期的大豆籽粒干物质积累

Fig. 4 Soybean seed dry matter accumulation during seed-filling at different nitrogen level

度间差异随生育期推进而逐渐增大。

从图6可以看出,提高种植密度之所以提高了籽粒干物质积累量,主要是因为植株中、上层籽粒的干物质积累随着密度的增加而有所增加,下层籽粒干物质积累并未随着密度的增加而增加,或增加幅度不大,如石大豆1号植株的下层籽粒在C2水平下的干物质积累量明显低于C1水平。

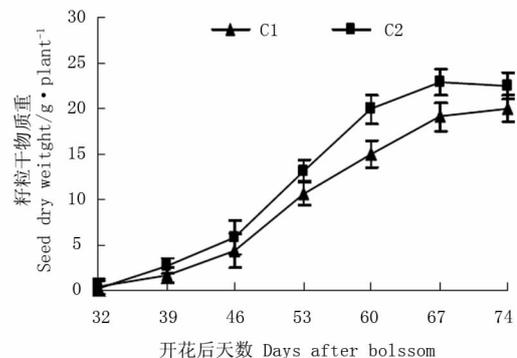


图5 不同种植密度水平下籽粒干物质积累动态
Fig. 5 The seed dry matter accumulative dynamics in different planting density

从不同鼓粒时期籽粒干物质积累在不同密度处理间的差异来看(图7),新大豆1号在鼓粒前期的籽粒干物质积累表现为C1 > C2,处理间差异不显

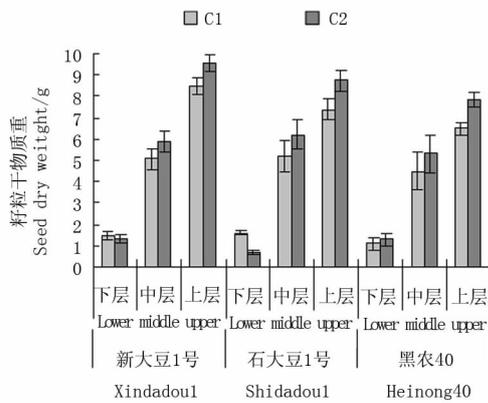


图6 不同种植密度水平下各冠层籽粒干物质积累

Fig. 6 The seed dry matter accumulation in different planting density

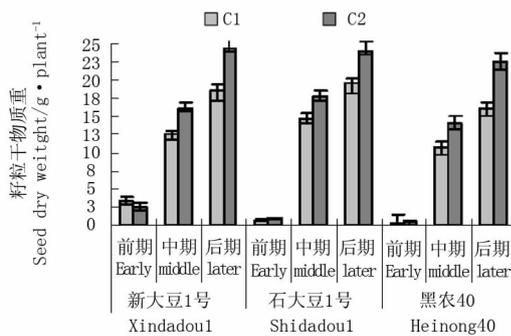


图7 不同密度处理各品种在不同鼓粒期的籽粒干物质积累

Fig. 7 The seed dry matter accumulation under different planting density during different seed-filling period

著。3个品种在鼓粒中、后期的籽粒干物质积累表现为 C2 > C1, 处理间差异显著。说明种植密度的增加对促进植株中、后期籽粒鼓粒效果显著。

2.4 不同品种的产量表现

试验结果表明(表2), 3个供试品种的产量水平相差不大, 但每个品种的平均产量与其最高产量之间的差异较大, 说明它们均有较高的产量潜力, 如果外界生态环境条件适宜、栽培管理措施合理, 可发挥出更高的产量水平。

表2 不同品种的产量表现

Table 2 The yield levels of different variety ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)

品种 Variety	平均产量 Average yield	最高产量 Highest yield
新大豆1号 Xindadou 1	4753.70	5971.20
石大豆1号 Shidadou 1	4657.13	6007.35
黑农40 Heinong 40	4484.72	5702.39

2.5 大豆植株不同冠层的产量表现

经测定收获后的大豆植株不同冠层的籽粒产量(表3), 发现大豆植株的籽粒产量在垂直方向上主要分布在中、上层, 下层较少, 上、中、下层平均值分别占单株产量的49.50%、42.94%、7.56%。3个品种中, 上层籽粒产量均占到了整株产量的90%左右。方差分析表明, 在垂直方向上, 新大豆1号和石大豆1号不同冠层间的籽粒产量差异均达显著水平; 黑农40中、上层差异不大, 下层与中、上层之间差异均达显著水平。在水平方向上, 大豆植株籽粒产量表现为主茎 > 分枝, 平均值分别占单株产量的73.08%和26.92%; 3个品种的籽粒产量在主茎与分枝间差异均达极显著水平。

不同品种不同冠层籽粒产量与总产量的相关系数列于表4。从中可以看出, 植株不同冠层籽粒产量与总产量的相关性大小, 在垂直方向上为上层 > 中层 > 下层, 在水平方向上为主茎 > 分枝。其中新大豆1号的上层籽粒产量与总产量的相关性达显

表3 大豆植株不同冠层籽粒产量分布

Table 3 Distribution of seed yield in different layer of plant

品种 Variety	冠层 Canopy	籽粒产量 Yield/g	占单株产量的比例 Proportion/%
新大豆1号 Xindadou 1	下层 Lower	5.19 ± 0.12 (aA)	11.83
	中层 Middle	17.17 ± 2.16 (bB)	39.14
	上层 Upper	21.5 ± 2.46 (cB)	49.03
	主茎 Stem	32.28 ± 2.77 **	73.59
	分枝 Branch	11.58 ± 1.05	27.41
石大豆1号 Shidadou 1	下层 Lower	3.08 ± 0.23 (aA)	6.11
	中层 Middle	22.09 ± 1.58 (bB)	43.83
	上层 Upper	25.23 ± 1.66 (cB)	50.06
	主茎 Stem	33.92 ± 2.83 **	67.32
	分枝 Branch	16.47 ± 1.92	32.68
黑农40 Heinong 40	下层 Lower	2.22 ± 0.17 (aA)	4.73
	中层 Middle	21.54 ± 1.31 (bB)	45.86
	上层 Upper	23.21 ± 2.04 (bB)	49.41
	主茎 Stem	36.79 ± 3.52 **	78.33
	分枝 Branch	10.18 ± 0.64	21.67

小写字母和*表示5%的差异性, 大写字母和**表示1%的差异性。

Lowercase and * indicated the significant difference at $P=0.05$ level, capital letters and ** indicated the significant difference at $P=0.01$ level, respectively.

表4 大豆植株不同冠层籽粒产量与总产量的相关性

Table 4 The coefficients of correlation between total yield and yield of different layer's seed

	下层 Lower	中层 Middle	上层 Upper	主茎 Stem	分枝 Branch
新大豆1号 indadou 1	0.450	0.578	0.688 *	0.816 **	0.515
石大豆1号 Shidadou 1	0.365	0.536	0.928 **	0.935 **	0.481
黑农40 Heinong 40	0.313	0.621	0.807 **	0.851 **	0.460

*表示5%的相关性,**表示1%的相关性。

* indicated the significant correlation at $P=0.05$ level, ** indicated the significant correlation at $P=0.01$ level.

显著正相关,黑农40和石大豆1号则达极显著正相关。新大豆1号、石大豆1号、黑农40的主茎籽粒产量与总产量的相关性均达极显著正相关。

总体说来,虽然植株各冠层籽粒对总产量形成均有贡献,但中、上层籽粒及主茎籽粒与总产量的构成关系更为密切。

2.6 植株的荚粒构成

大豆植株不同冠层的荚粒构成有所差异(表5),其中有效粒数在垂直方向上表现为上层>中层>下层,且中、上层和下层之间的差异均达极显著

水平。中、上层之间差异不显著。在水平方向上表现为主茎>分枝,二者之间存在极显著差异。植株的有效荚数在垂直方向上表现为:1粒荚、2粒荚为上层>中层>下层,3粒荚、4粒荚为中层>上层>下层。在水平方向上各粒荚均表现为主茎>分枝。

以上分析说明,大豆植株的有效荚数和粒数在垂直方向上主要集中在中、上层。在水平方向上主要集中在主茎。这与植株不同冠层的产量分布情况一致。

表5 大豆不同冠层的荚粒构成情况

Table 5 The soybean pod-seeds structure in different layer

	有效粒数 Effective seed	有效荚数 Effective pod			
		1粒荚	2粒荚	3粒荚	4粒荚
下层 Under	6.23 ± 0.54 (aA)	0.55	0.92	0.88	0.30
中层 Middle	26.2 ± 1.44 (bB)	2.70	3.61	3.94	1.12
上层 Upper	33.6 ± 3.07 (bB)	6.50	5.92	3.90	0.88
主茎 Stem	40.6 ± 3.49 **	7.39	8.41	7.44	1.86
分枝 Branch	25.5 ± 1.38	2.36	2.04	1.31	0.44

小写字母和*表示5%的差异性,大写字母和**表示1%的差异性。

Lowercase and * indicated the significant difference at $P=0.05$ level, capital letters and ** indicated the significant difference at $P=0.01$ level, respectively.

3 结论与讨论

在大豆的生育期中,鼓粒期与籽粒产量的形成关系密切。大豆是需氮量较多的作物,该时期干物质的积累和氮代谢水平,关系到大豆最终产量^[11-12];同时,大豆生产是群体生产,不同的群体密度对大豆的生长发育影响不同,建立良好的群体冠层结构将有利于大豆群体对光能的利用和群体内的气体交换,有利于籽粒产量的提高^[13]。该试验的结果表明增加施氮量及密度水平可显著增加大豆籽粒的干物质积累量。这与戴建军等^[14]和宁海龙等^[15]的研究结果相一致。

在大豆理想株型设计及寻求产量突破途径的研究中,探讨产量在植株或群体空间的合理分布是不可忽视的重要方面^[16]。该试验3个品种的籽粒产量在垂直方向上均表现为上层>中层>下层;在水平方向上均表现为主茎>分枝。不同冠层籽粒产量与总产量的相关性大小在垂直方向上为上层>中层>下层,在水平方向上为主茎>分枝。说明

虽然植株各冠层籽粒对总产量的形成均有贡献,但中、上层及主茎籽粒与总产量的关系更为密切,是构成产量的主体。这与孙卓韬等^[17]和游明安等^[18]的研究结果基本一致。

高产大豆品种产量水平的表达,除品种本身具有高产的遗传特性外,还需要有相应的栽培管理措施。在生产管理中,应针对不同大豆品种的特性,在栽培措施上有所差异。新大豆1号植株以中、上部籽粒产量为主,同时下部也有一定的籽粒产量。因此,生产上应通过调整种植密度,达到适宜的冠层结构,使群体通风透光良好,从而延长植株中、下部叶片的功能期,保证整株籽粒充分鼓粒;石大豆1号和黑农40植株中、上部的籽粒对产量的贡献较大,下层籽粒产量相对较少。因此,生产中在确保壮苗、早发的基础上,必须加强中、后期肥水管理,使植株中、上层籽粒的鼓粒过程顺利进行。

参考文献

[1] 罗庚彤,刘胜利,战勇,等.新大豆1号和石大豆1号高产记录

- 的创造[J]. 大豆科学,2001,20(4):270-274. (Luo G T, Zhan Y, Liu S L, et al. The creation of the highest yield records on Xindadou1 and Shidadou1 of soybean cultivars[J]. Soybean Science,2001,20(4):270-274.)
- [2] 罗庚彤,刘胜利,孔新,等. 实现大豆超高产的品种与栽培技术[J]. 新疆农业科学,2003,40(1):28-32. (Luo G T, Liu S L, Kong X, et al. Studies on cultivars and cultivation technology for super high soybean yield [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2003,40(1):28-32.)
- [3] 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. (Sun G H, Liu X L, Dong L J, et al. Studies on the relationship between yield and dry matter accumulation in high yield potential soybean [J]. Soybean Science,2002,21(3):199-202.)
- [4] 李远明,刘丽君,祖伟,等. 不同基因型大豆品种干物质积累与产量形成的关系[J]. 东北农业大学学报,1999,30(4):324-328. (Li Y M, Liu L J, Zu W, et al. The relationship between dry matter accumulation and yield among different genotypes of soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1999,30(4):324-328.)
- [5] 王程,刘兵,金剑,等. 调节大豆籽粒生育的生理生态因素[J]. 农业系统科学与综合研究. 2009,25(2):133-136. (Wang C, Liu B, Jin J, et al. Eco-physiological factors in regulating soybean seed growth and development [J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2009,25(2):133-136.)
- [6] 王晓光,董钻,谢甫缙. 不同结荚习性大豆荚粒形成的比较研究[J]. 辽宁农业科学,1998(1):20-23. (Wang X G, Dong Z, Xie P D. Comparison on reproductive growth of different podding habit soybeans [J]. Liaoning Agricultural Sciences, 1998(1):20-23.)
- [7] 董志新,李绍长,李俊华,等. 大豆多生长中心作物的表征和荚粒产量分层规律[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2002,6(4):259-262. (Dong Z X, Li S C, Li J H, et al. Apparent features of multi-growth center crop and law of pods-grain yield separated layer on soybean [J]. Journal of Shihezi University (Natural Science), 2002,6(4):259-262.)
- [8] 冯丽娟,朱洪德,于洪久,等. 品种、密度、施肥量对高油大豆产量及品质的效应[J]. 大豆科学,2007,26(2):158-162. (Feng L J, Zhu H D, Yu H J, et al. Effect of variety, density and fertilizer level on the yield and quality of high oil soybean [J]. Soybean Science,2007,26(2):158-162.)
- [9] 苗保河,张为社,李战国,等. 栽培因子对高油大豆品种产量及其生理指标的影响[J]. 大豆科学,2004,23(4):307-310. (Miao B H, Zhang W S, Li Z G, et al. Effect of cultural factors on yield and physiological characters of high-oil soybean [J]. Soybean Science,2004,23(4):307-310.)
- [10] 陶丹,王萍,宋海星. 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. (Tao D, Wang P, Song H X. The relationship between canopy structure and plot yield of premature soybean from Yugoslavia [J]. Soybean Science,2001,20(2):146-148.)
- [11] 王敏. 大豆鼓粒期对籽粒产量的遗传效应分析[J]. 中国油料作物学报,1996,18(1):18-21. (Wang M. Genetic effects of seed-filling period on seed yield in soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1996,18(1):18-21.)
- [12] 金喜军,马春梅,龚振平,等. 大豆鼓粒期对肥料氮的吸收与分配研究[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2):395-399. (Jin X J, Ma C M, Gong Z P, et al. Study on fertilizer-N absorption and distribution of soybean during the seed-filling period [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010,16(2):395-399.)
- [13] 张伟,张惠君,王海英,等. 株行距和种植密度对高油大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学,2005,24(3):283-286. (Zhang W, Zhang H J, Wang H Y, et al. Effects of spacings and planting densities on agronomic traits and yield in high-oil soybeans [J]. Soybean Science, 2005,24(3):283-286.)
- [14] 戴建军,程岩. 黑龙江省南部黑土不同施氮水平对大豆产量的影响[J]. 东北农业大学学报,2000,31(3):225-228. (Dai J J, Cheng Y. The effect of nitrogen rates on yield of soybean planted in black soil of Heilongjiang province [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2000,31(3):225-228.)
- [15] 宁海龙,李文霞,韩秀才,等. 栽培密度对高油大豆籽粒产量及品质影响初探[J]. 中国油料作物学报,2002,24(1):75-76. (Ning H L, Li W X, Han X C, et al. A primary study on the effect of density on the yield and quality of seeds in elevated-fat soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2002,24(1):75-76.)
- [16] 翟云龙,章建新. 密度对超高产春大豆叶粒空间分布的影响研究[J]. 新疆农业科学,2005,42(1):5-8. (Zhai Y L, Zhang J X. Study on the effect of density on the distribution in the space of the leaf and seed of super high-yield spring soybean [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2005,42(1):5-8.)
- [17] 孙卓韬,董钻. 大豆株型、群体结构与产量关系的研究第二报:大豆群体冠层的荚粒分布[J]. 大豆科学,1986,5(2):91-102. (Sun Z T, Dong Z. Studies on the relationships between plant type population structure and yield in soybean II. Seed distribution in soybean canopies [J]. Soybean Science, 1986,5(2):91-102.)
- [18] 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. (You M A, Gai J Y, Wu X C, et al. Preliminary study on soybean yield distribution in space [J]. Soybean Science, 1993,12(1):64-69.)