

# 大豆不同碳代谢产物含量变化研究

宋柏权,刘丽君,董守坤,祖伟,孙聪姝

(东北农业大学农学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**为明确不同碳代谢产物在大豆不同器官变化规律,在大田条件下,以三个栽培大豆品种为材料,测定不同生育时期不同器官可溶性糖、蔗糖、淀粉的含量。结果表明:随着生育进程推进,可溶性糖在茎秆、叶片、叶柄中及蔗糖在叶片、叶柄中含量呈“V”型变化,淀粉在茎秆中含量呈倒“V”型变化,R3 期为转折点;可溶型糖在荚皮中含量及蔗糖在茎秆、荚皮中含量、淀粉在叶柄、荚皮含量呈逐渐升高趋势,叶片淀粉含量表现为升高-降低-升高趋势;不同品种大豆碳水化合物在植株体内变化规律相似。三种碳代谢产物含量在叶片中均表现为极显著正相关,而在茎秆中不同碳代谢产物含量相关性因品种而异。

**关键词:**大豆;可溶性糖;蔗糖;淀粉

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000-9841(2009)04-0655-04

## Study on Changes of Different Carbohydrate Matter Content in Soybean

SONG Bai-quan, LIU Li-jun, DONG Shou-kun, ZU Wei, SUN Cong-shu

(College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Carbon metabolism is an important process in soybean, however, there are few research on the variable rule of carbon metabolism product in different organs of soybean. Three soybean varieties were used to test the content of soluble sugar, sucrose and starch in different growing stages. With the growing process, the soluble sugar content appeared “V”-type changes in stem, leaves, and petioles, starch content also presented the same type in stem. The starch content presented inverted “V”-type changes in stem, and there was a turning point in R3 period. The soluble sugar content in pod shell, the sucrose content in stem and pod shell, the starch content in petioles and pod shell all appeared a gradually rising trend. The starch content appeared a trend of rising-decreasing-rising in leaves. It had familiar rules of carbohydrate accumulation in different varieties. The content of these three carbon metabolism products appeared significant positive correlation in leaves, while presented difference in stem for different varieties.

**Key words:** Soybean; Soluble sugar; Sucrose; Starch

大豆(*Glycine max* L.)是我国主要的粮食和油料作物之一。可溶性糖是植物体内碳水化合物能够互相转化和再利用的主要物质,其含量变化与光合作用和产量密切相关<sup>[1-3]</sup>,其含量高低与植物体内碳水化合物的合成、运输和利用情况有关<sup>[4]</sup>,反映了叶源端的同化物供应能力及籽粒对同化物的转化、利用能力<sup>[2]</sup>。蔗糖是碳水化合物运输和贮藏的主要形式,在植物糖代谢中具有特殊的位置。在植株体内,蔗糖代谢和淀粉合成是两个既相互依赖,又相互制约的过程<sup>[5-6]</sup>。因此,对大豆中碳水化合物

代谢规律的研究显得十分重要。

目前,肥料、调节剂对大豆叶片碳代谢产物影响及不同年代大豆叶片碳代谢产物变化已有研究<sup>[7-9]</sup>,而对于栽培大豆发育过程中不同碳代谢物质在不同器官中的含量变化规律研究尚鲜见报道。为此,以三个栽培品种为材料,研究了不同生育时期、不同器官碳水化合物(可溶性糖、蔗糖、淀粉)含量的变化,旨在掌握栽培大豆碳水化合物的代谢规律,丰富大豆碳代谢机制的研究内容,为合理种植优质、高产大豆提供理论依据。

收稿日期:2009-02-11

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD21B01-5;2007BAD89B05-02)黑龙江省“十一五”科技公关资助项目(GA06B101-2-4)。

作者简介:宋柏权(1979-),男,博士研究生,研究方向为作物生理。E-mail:songbaiquan@yahoo.com.cn。

通讯作者:孙聪姝,研究员。

# 1 材料与方法

## 1.1 试验材料

供试材料为合丰 25、绥农 14、龙选 1 号三个大豆品种。小区行长 5 m,行宽 0.7 m,每小区 6 行,面积为 20 m<sup>2</sup>,随机区组排列,3 次重复,密度为 3 × 10<sup>5</sup> 株·hm<sup>-2</sup>,田间管理同生产大田。

## 1.2 取样方法

分别在苗期(V4)、初花期(R1)、初荚期(R3)、鼓粒始期(R5)上午 9:00 取样,按测定器官分开,105℃ 杀青 0.5 h 后,65℃ 下烘干至恒重,粉碎、保留待测。

## 1.3 测定方法

可溶性糖、淀粉测定采用蒽酮法<sup>[10-11]</sup>,蔗糖测

定采用间苯二酚法<sup>[12]</sup>。  
1.4 数据分析  
数据处理、作图采用 Excel 软件,方差分析、相关分析采用 SAS8.2。

# 2 结果与分析

## 2.1 可溶性糖含量变化

由图 1 和表 1 可以得出,随着生育进程,可溶型糖含量在茎秆、叶片、叶柄呈“V”型变化,即在 R3 期前呈逐渐下降的趋势,而 R3 到 R5 表现为升高的趋势。荚皮中可溶型糖含量表现为逐渐升高趋势。三个品种不同器官可溶性糖含量变化规律一致。

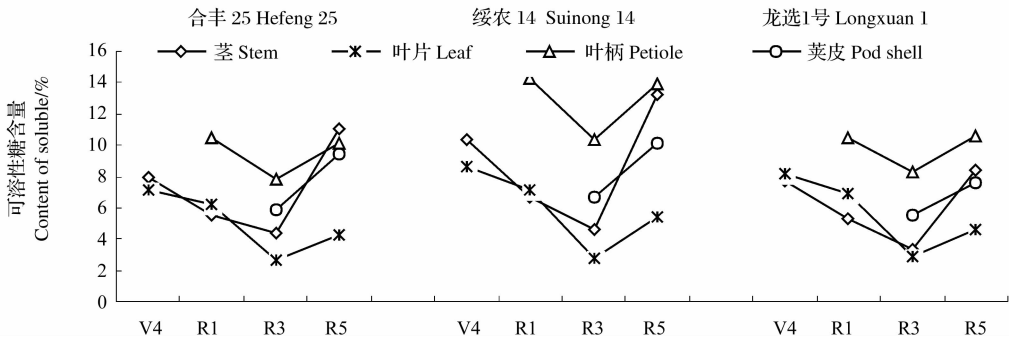


图 1 可溶性糖含量变化  
Fig.1 Change of soluble sugar content

对不同生育时期品种间和器官间的可溶性糖含量差异进行了分析。在 V4 期,三个品种叶片和茎秆中可溶性糖含量较大,但相差不多,其含量差值因品种而异,含量差异不显著。R1 期可溶性糖含量器官间差异三个品种表现规律一致,均为叶柄 > 叶片 > 茎秆,且均为叶柄与茎、叶片差异显著。R3 期三个品种可溶性糖含量表现为,叶柄 > 荚 >

茎秆 > 叶片,除龙选 1 号茎秆与叶片之间可溶性糖含量没有达到差异显著外,三个品种在此日期其它器官间可溶性糖含量均达到差异显著。R5 期,三个品种各器官可溶性糖含量表现为,叶柄和茎秆含量较高,荚皮次之,叶片中含量最低。三个品种叶片中可溶性糖含量与茎秆、叶柄中可溶性糖含量均达到差异显著。

表 1 可溶性糖、蔗糖、淀粉方差分析表

Table 1 Analysis of variance table for soluble sugar,sucrose and starch		合丰 25 Hefeng 25				绥农 14 Suinong 14				龙选 1 号 Longxuan 1			
碳水化合物	器官	V4	R1	R3	R5	V4	R1	R3	R5	V4	R1	R3	R5
Carbohydrate	Organ												
可溶性糖 Soluble sugar	茎秆 Stem	7.99a	5.57b	4.38b	11.05a	10.37a	6.70b	4.59c	13.22a	7.68a	5.30c	3.39c	8.45b
	叶片 Leaf	7.19a	6.24b	2.63c	4.24b	8.61a	7.10b	2.82d	5.42b	8.18a	6.91b	2.90c	4.66c
	叶柄 Petiole	-	10.50a	7.80a	10.15a	-	14.24a	10.40a	13.90a	-	10.50a	8.29a	10.62a
	荚皮 Pod shell	-	-	5.91b	9.48a	-	-	6.68b	10.09ab	-	-	5.50b	7.61b
蔗糖 Sucrose	茎秆 Stem	0.44a	0.65a	0.73b	1.03ab	0.52a	0.62a	0.82a	0.92ab	0.36a	0.47b	0.37b	0.86a
	叶片 Leaf	0.88a	0.85a	0.24d	0.35c	1.19a	0.69a	0.17b	0.61b	0.86a	0.62b	0.17c	0.43b
	叶柄 Petiole	-	1.18a	0.93a	1.13a	-	1.18a	0.83a	1.08a	-	1.13a	0.73a	0.88a
	荚皮 Pod shell	-	-	0.51c	0.81b	-	-	0.32b	0.63b	-	-	0.34bc	0.38b
淀粉 Starch	茎秆 Stem	7.21b	7.15a	9.89a	5.29b	6.58b	7.14b	9.66a	8.32b	6.69b	6.43b	10.51a	8.67b
	叶片 Leaf	12.62a	17.01a	8.70a	13.07a	14.06a	18.84a	9.25a	12.27b	13.88a	18.81a	10.40a	13.88b
	叶柄 Petiole	-	9.30a	10.86a	12.47a	-	9.66b	11.12a	12.86b	-	9.97ab	10.41a	17.88a
	荚皮 Pod shell	-	-	9.80a	17.68a	-	-	9.37a	18.04a	-	-	8.79a	18.20a

2.2 蔗糖含量变化

分析图 2、表 1 得知,随着生育进程进行,茎秆、荚皮中蔗糖含量呈逐渐升高趋势;叶片、叶柄中蔗糖含量呈先下降后升高趋势,呈“V”型变化,R3 期为转折点,此日期为叶片、叶柄蔗糖含量最低;不同品种大豆蔗糖在植株体内变化规律相似。

蔗糖含量在 V4 期三个品种均为叶片含量最高,茎次之,且绥农 14、龙选 1 号品种,叶片蔗糖含量分别与茎中蔗糖含量达到差异显著。R1 期,三个品种蔗糖含量均表现为:叶柄>叶片>茎秆,茎与叶片蔗糖含量差异不显著。R3 期,三个品种蔗糖含量器官间从大到小顺序均为:叶柄>茎秆>荚>叶片,

此时期合丰 25 器官间差异均达到显著。绥农 14、龙选 1 号两品种,叶柄中蔗糖含量与荚、叶片中蔗糖含量也达到差异显著。R5 期,除龙选 1 号品种叶片蔗糖含量大于荚皮蔗糖含量,且并未到达差异显著外。三个品种器官间蔗糖含量从大到小依次为,叶柄>茎秆>荚皮>叶片。此时期三个品种叶柄和茎秆中蔗糖含量较为接近,均未达到差异显著。此时期荚皮和叶片蔗糖含量均较低,绥农 14、龙选 1 号,这两个器官蔗糖含量相近,且差异不显著,而合丰 25 此时期叶片和荚皮蔗糖含量相差较多,达到差异显著。

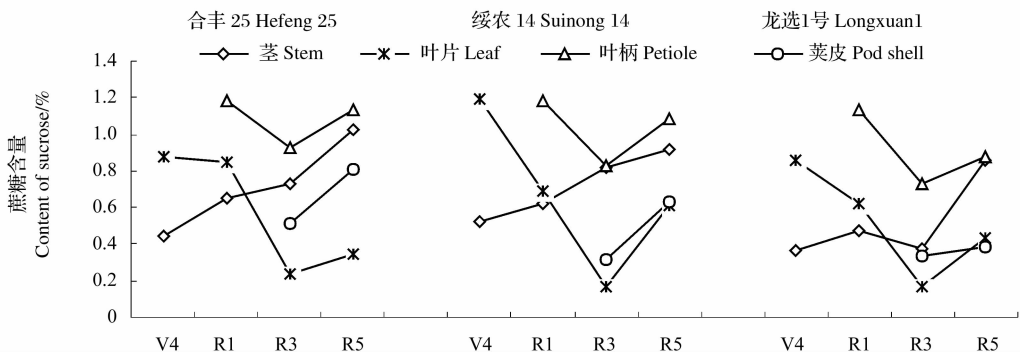


图 2 蔗糖含量变化

Fig. 2 Change of sucrose content

2.3 淀粉含量变化

由图 3、表 1 可知,随着生育进程进行,茎秆中淀粉含量呈先升高后降低趋势,R3 期含量最高,呈倒“V”型变化;叶片淀粉含量表现为升高-降低-升高趋势,R1 期含量最高,R3 期含量最低;叶柄、荚皮含量呈逐渐升高趋势。不同品种大豆淀粉在植株体内变化规律相似。

V4 期淀粉含量不同器官间从大到小三个品种均为叶片大于茎秆,且三个品种叶片与茎秆淀粉含

量均达到差异显著。R1 期,三个品种不同器官间淀粉含量从大到小依次为:叶片>叶柄>茎秆。R3 期,合丰 25、绥农 14 两品种不同器官间淀粉含量从大到小顺序为:叶柄>茎秆>荚皮>叶片。龙选 1 号品种茎秆、叶柄、叶片淀粉含量均较高,且数值相近,差异不显著,荚皮中淀粉含量最低,与其它取样器官差异也不显著。R5 期,三个品种均为荚皮淀粉含量最高,叶柄、叶片次之,而茎秆淀粉含量最低,且此时期茎秆淀粉含量与荚皮淀粉含量差异显著。

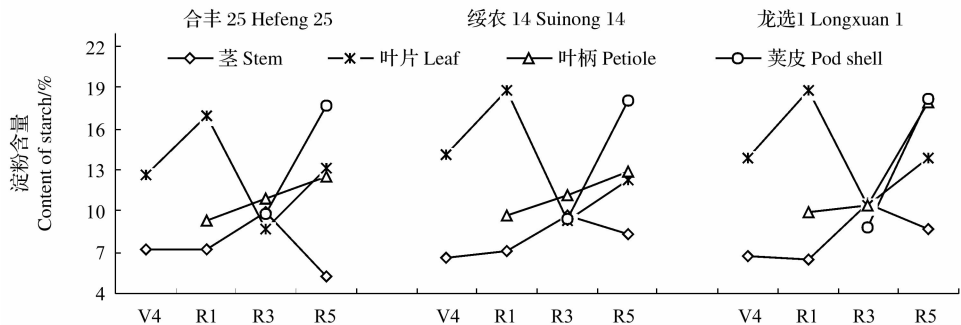


图 3 淀粉含量变化

Fig. 3 Change of starch content

2.4 叶片中碳水化合物相关分析

由表2可以得出,叶片中碳水化合物相关分析表明,三个品种叶片中可溶性糖、蔗糖、淀粉三种碳水化合物之间均呈极显著正相关,其中可溶性糖与

蔗糖的相关系数最大。三个品种茎秆中可溶性糖与蔗糖含量呈正相关,可溶性糖与淀粉均呈负相关,蔗糖与淀粉含量相关性因品种不同而表现出不同规律。

表2 叶片、茎秆中碳水化合物相关分析

Table 2 Analysis of the correlation on carbohydrate in leaves and stem

器官 Organ	碳水化合物 Carbohydrate	合丰 25 Hefeng 25			绥农 14 Suinong 14			龙选 1 号 Longxuan 1		
		可溶性糖	蔗糖	淀粉	可溶性糖	蔗糖	淀粉	可溶性糖	蔗糖	淀粉
		Soluble sugar	Sucrose	Starch	Soluble sugar	Sucrose	Starch	Soluble sugar	Sucrose	Starch
叶片 Leaf	可溶性糖 Soluble sugar	1.0000	—	—	1.0000	—	—	1.0000	—	—
	蔗糖 Sucrose	0.9689**	1.0000	—	0.9652**	1.0000	—	0.9902**	1.0000	—
	淀粉 Starch	0.6883**	0.7128**	1.0000	0.7217**	0.5161**	1.0000	0.6472**	0.5643**	1.0000
茎秆 Stem	可溶性糖 Soluble sugar	1.0000	—	—	1.0000	—	—	1.0000	—	—
	蔗糖 Sucrose	0.4906*	1.0000	—	0.1709	1.0000	—	0.6110**	1.0000	—
	淀粉 Starch	-0.9022**	-0.4026	1	-0.3834	0.8024**	1.0000	-0.4603*	0.1047	1.0000

3 讨论

研究表明,叶片、叶柄、荚皮中蔗糖和可溶性糖含量变化趋势是相同的,这与郎漫等<sup>[7]</sup>、赵黎明等<sup>[8]</sup>、王晓慧等<sup>[9]</sup>在叶片中的研究结果相符,证明了蔗糖是可溶性糖主要存在形式之一;而蔗糖在叶片和茎秆中的变化趋势差异很大,这可能是由于蔗糖是碳水化合物运输的主要形式<sup>[13]</sup>,从而在合成和运输、暂存器官含量有所差异。

可溶性糖是淀粉合成的底物,其含量的高低与淀粉积累密切相关。刘晓冰等<sup>[14]</sup>、王书丽等<sup>[5]</sup>认为淀粉与可溶性糖含量之间存在一定的关系,但不可能是直接的简单关系,中间过程可能比较复杂。研究表明,叶片中可溶性糖与淀粉呈极显著正相关,而茎秆中可溶性糖与淀粉呈负相关,可溶性糖与淀粉的相关性品种间相似、因部位而异。

参考文献

[1] Saratha K, Hume D J, Godfrey C. Genetic improvement in short season soybeans: Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration[J]. Crop Science, 2001, 41: 391-398.

[2] Jin J, Liu X B, Wang G H. Some eco physiological characteristic R4- R5 stage in relation to soybean yield differing in maturities [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37: 1293-1300.

[3] Wilcox J R. Sixty years of improvement in publicly developed elite soybean lines[J]. Crop Science, 2001, 41: 1711-1716.

[4] 王芳, 刘鹏, 朱靖文. 镁对大豆游离脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白质含量的影响[J]. 河南农业科学, 2004 (6): 35- 38. (Wang F, Liu P, Zhu J W. Effect of magnesium (Mg) on contents of free proline, soluble sugar and protein in soybean leaves[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2004 (6): 35-38. )

[5] 王书丽, 郭天财, 王晨阳, 等. 两种筋力型小麦叶、粒可溶性含量及与籽粒淀粉积累的关系[J]. 河南农业科学, 2005 (4): 12-15. (Wang S L, Guo T C, Wang C Y, et al. Soluble sugar contents in leaf and grain in two gluten wheats and its relationship with grain starch accumulation[J]. Journal of Henan Agricultural Sci-

ences, 2005 (4): 12-15. )

[6] 罗兴录, 池敏青, 黄小凤, 等. 木薯叶片可溶性糖含量与块根淀粉积累的关系[J]. 中国农学通报. 2006. 22 (8): 289-291. (Luo X L, Chi M Q, Huang X F, at al. Studies on the relationship between soluble sugar content in the leaves and the starch accumulation in the root tuber of cassava [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006. 22 (8): 289-291. )

[7] 郎漫, 刘元英, 彭显龙, 等. 不同氮肥用量下镁对大豆碳氮代谢的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25 (1): 49-52. (Lang M, Liu Y Y, Peng X L, et al. Effect on carbo-nitrogenous metabolism of magnesium in different nitrogenous fertilizers level [J]. Soybean Science, 2006, 25 (1): 49-52. )

[8] 赵黎明, 郑殿峰, 冯乃杰, 等. 植物生长调节剂对大豆叶片光合特性及糖分积累的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27 (3): 442-450. (Zhao L M, Zheng D F, Feng N J, et al. Effects of plant growth regulators (PGRs) on photosynthetic characteristics and sugar accumulation in soybean leaves [J]. Soybean Science, 2008, 27 (3): 442-450. )

[9] 王晓慧, 徐克章, 李大勇, 等. 大豆品种遗传改良过程中叶片可溶性糖含量和比叶重的变化[J]. 大豆科学, 2007, 26 (6): 879- 885. (Wang X H, Xu K Z, Li D Y, et al. Variation of soluble sugar content and specific leaf weight during the genetic improvement of soybean cultivars [J]. Soybean Science, 2007, 26 (6): 879-885. )

[10] 张宪政. 作物生理研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1993: 145-146. (Zhang X Z. Research methods of crop physiology [M]. Beijing: Agricultural Press, 1993: 145-146. )

[11] 张振清. 植物生理试验手册 [M]. 上海: 科学技术出版社, 1985: 134-138. (Zhang Z Q. Plant physiology test manual [M]. Shanghai: Science and Technology Press, 1985: 134-138. )

[12] 何照范. 籽粒品质及其分析技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1985: 290-294. (He Z F. Grain quality and its analysis technology [M]. Beijing: Agricultural Press, 1985: 290-294. )

[13] Lemoine R. Sucrose transporters in plants update on function and structure [J]. Biochim Biophys Acta, 2000, 1465 (1/2): 246-262.

[14] 刘晓冰, 李文雄. 春小麦籽粒灌浆过程中淀粉积累和蛋白质积累规律的初步研究[J]. 作物学报, 1996, 22 (6): 736-740. (Liu X B, Li W X. Preliminary studies on the accumulation of grain starch and protein during grain filling in wheat [J]. Acta Agronomica Sinica, 1996, 22 (6): 736-740. )