

大豆光合生理生态的研究*

第15报 大豆不同品种光合 性状和固氮能力的比较

苗以农 许守民 朱长甫 姜彦秋
刘学军 朱海星** 阎秀峰***

(东北师范大学生物系)

提 要

对大豆20个品种的光合性状和固氮能力研究表明,大多数新品种或高产品种植株中上部叶片较老品种具有较多的栅栏细胞层数和细胞及叶绿体数目;较大的叶厚度和比叶重;在生殖生长期具有较高的光合速率。同时大多数新品种具有较高的根瘤固氮酶活性和较大的幼茎段酰胺含量。大豆叶片光合速率和根瘤固氮酶活性及幼茎和荚皮酰胺含量均呈显著正相关。新品种与老品种相比具有较高的光合和固氮能力。

关键词 大豆;光合速率;固氮酶活性;酰胺含量

碳和氮同时限制大豆营养生长和产量,因此改善大豆光合和固氮能力将提高产量。近来大豆育种的主要目标之一是与增加光合和固氮能力有关^[17]。大豆叶片的光合速率和根瘤固氮能力在品种(系)间存在显著的差异^[12,3,14]。人们已应用测叶片光合速率^[4]和幼茎及荚皮酰胺含量技术^[15]估测田间生长的大豆光合特性和固氮能力并纳入品种选育程序。我们对大豆不同品种叶片的光合性状和根瘤固氮酶活性及固氮产物酰胺含量进行比较并探讨其相互关系。

• 国家自然科学基金资助项目内容之一

** 在中国人民解放军兽医大学农经系工作。

*** 在哈尔滨师范大学生物系工作。

本文于1991年10月8日收到。 This paper was received on Oct. 8, 1991.

材 料 和 方 法

一、材料

1986~1988 年使用生长于田间条件下的 12 个大豆品种(五六十年代育成的为老品种,七八十年代育成的为新品种及美国高产品种 Amsoy 和日本高产品种十胜长叶),于不同生育时期,取主茎充分长成的叶片为样品,测定和观察叶厚度、光合速率及栅栏细胞和叶绿体数目。

1988 年用 8 个早熟品种于不同生育时期测叶片的光合速率(季节光合速率)和根瘤的固氮酶活性、幼茎段(包括叶柄)和荚皮的酰脲含量。

二、方法

比叶重 用 Lugg 等的方法^[16]。

光合速率 使用红外线 CO₂ 分析仪装置于田间用封闭系统测定。

叶片厚度和细胞数目 按徐克章等的方法观察和记数^[7]。

叶绿体数目 参照 Pyke 等的方法^[18]。

根瘤固氮酶活性 乙炔还原法按顾俭本法^[9]。

酰脲含量 按徐志伟等的方法^[10]。

结 果 和 分 析

一、叶形态解剖和光合速率

大豆叶形态解剖和光合速率品种间有明显差异,与过去的研究结果一致^[7]。新品种或高产品种叶片与老品种相比具有较多的栅栏细胞层数、栅栏细胞数目^[6,8]及叶绿体数目;具有较大的叶片厚度和比叶重^[5];在生殖生长时期新品种中上部节位(12~13)叶片较老品种具有较高的光合速率(表 1 和表 2)。

植株上部(12~13 节位)和下部(3~4 节位)叶片光合速率与其相应节位叶片的栅栏细胞、叶绿体数目及叶厚度均呈显著正相关,与中部叶片呈正相关,但不显著(表 3)。这说明叶片结构和功能是相适应的。

二、根瘤固氮酶活性和酰脲含量

正如表 4 所示,大豆新品种根瘤固氮酶活性高于老品种;固氮产物酰脲含量和酰脲相对丰度也明显地高于老品种。根瘤固氮酶活性与幼茎段及荚皮酰脲含量均呈显著正相关(表 4)。

表 1 大豆不同品种不同节位叶片单位面积的栅栏细胞和叶绿体数目
Table 1 Number of palisade cells and chloroplasts per unit leaf area of
different soybean cultivars at different nodes

品 种 Cultivars		3—4 节位 th		9—10 节位 th		12—13 节位 th	
		NPC	NC	NPC	NC	NPC	NC
		(n/mm ²)	(n/mm ²)	(n/mm ²)	(n/mm ²)	(n/mm ²)	(n/mm ²)
N	吉林 20 号 Jilin 20	13479	408615	13324	266481	18156	387122
	辽豆 3 号 Liaodou 3	15493	462735	12098	293966	19008	417791
	铁丰 18 号 Tiefeng 18	15250	412697	13797	275936	18716	354419
	合丰 23 号 Hefeng 23	14346	432765	12576	289047	17946	332751
	绥农 4 号 Suinong 4	15306	442930	11755	304276	12081	274540
	吉林 13 号 Jilin 13	12793	399742	14676	280339	15693	376472
H	Amsoy	14065	410485	14098	270745	18653	407155
	十胜长叶 Tokachinogaha	13248	401178	12925	246652	13617	262348
O	早丰 1 号 Zaofeng 1	14332	420923	10173	203821	12415	317577
	小金黄 1 号 Xiaojinhuang 1	14171	388365	10175	191149	10374	305234
	大白眉 Dabaimai	13079	380458	9989	179833	11090	262817
	秣食豆 Moshidou	10448	345821	11735	156148	9980	247936
平 均 值 Mean value		13834	408892	12174	246533	14811	328847

NPC: 栅栏细胞数目 Number of palisade cells NC: 叶绿体数目 Number of chloroplasts
N: 新品种 New cultivars H: 高产品种 High-yielding cultivars O: 老品种 Old cultivars

表 2 大豆不同品种不同节位叶片光合速率和叶片厚度
Table 2 Photosynthetic rate and leaf thickness of leaves of
different soybean cultivars at different nodes

平 均 Cultivars		3—4 节位 th		9—10 节位 th		12—13 节位 th	
		Pn	LT	Pn	LT	Pn	LT
N	吉林 20 号 Jilin 20	13. 61	247. 8	20. 99	223. 9	21. 36	230. 7
	辽豆 3 号 Liaodou 3	15. 38	248. 3	22. 46	232. 3	22. 64	239. 3
	铁丰 18 号 Tiefeng 18	14. 06	246. 3	21. 59	202. 7	22. 53	231. 6
	合丰 23 号 Hefeng 23	15. 26	243. 4	18. 28	207. 1	20. 56	226. 8
	绥农 4 号 Suinog 4	15. 30	239. 4	20. 02	222. 3	18. 64	227. 8
	吉林 13 号 Jilin 13	13. 29	204. 5	21. 34	221. 1	22. 07	197. 2
H	Amsoy	13. 57	228. 6	22. 53	225. 4	23. 31	234. 1
	十胜长叶 Tokachinogaha	13. 25	233. 4	20. 34	203. 2	20. 53	227. 8
O	早丰 1 号 Zaofeng 1	13. 90	223. 6	18. 54	210. 4	19. 03	213. 9
	小金黄 1 号 Xiaojinhuang 1	13. 85	198. 8	17. 75	187. 3	18. 68	208. 3
	大 白 眉 Dabaimei	12. 55	186. 2	21. 44	198. 5	19. 84	198. 4
	秣 食 豆 Moshidou	12. 73	202. 1	17. 36	185. 5	17. 47	190. 8
平 均 值 Mean value		13. 89	225. 9	22. 51	209. 9	20. 51	218. 9

Pn:光合速率 Photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) LT:叶厚度 Leaf thickness(μ)

表 3 叶片光合速率与不同节位叶片栅栏细胞、叶绿体数目及叶厚度的相关性
Table 3 Correlation between leaf photosynthetic rate and number of
palisade cells, chloroplasts, leat thickness

	3—4 节位 th			9—10 节位 th			12—13 节位 th		
	NPC	NC	LT	NPC	NC	LT	NPC	NC	LT
光合速率 Photosynthetic rate	0. 7783**	0. 9081**	0. 6704*	0. 5185	0. 5426	0. 6954*	0. 8980**	0. 8428**	0. 6373*

*, ** 为 0. 05, 0. 01 显著水准。*, ** Significant the 0. 05, 0. 01 levels, respective

表 4 大豆不同品种光合速率、根瘤固氮酶活性和酰脲含量
Table 4 Photosynthetic rate, nodule nitrogenase activity and contents
of ureids of different soybean cultivars

品种 Cultivars		Pn	ARA	Ysuc	PSUC
N	合丰 25 号 Hefeng 25	16.04	0.32	27.60	31.97
	黑农 32 号 Heinong 32	15.78	0.27	22.08	29.84
	黑农 29 号 Heinong 29	15.51	0.38	34.46	35.06
	黑农 26 号 Heinong 26	14.41	0.27	22.08	24.63
	东农 4 号 Dongnong 4	14.72	0.18	20.64	22.80
	黑农 8 号 Heinong 8	14.45	0.18	17.93	28.76
O	荆山朴 Jinshanpu	14.45	0.22	19.64	19.69
	小黑肝 Xiaohegi	13.46	0.15	13.87	19.87
	平均值 Mean	14.85	0.25	22.29	26.58

Pn: 季节光合速率 Seasonal photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
ARA: 根瘤固氮酶活性 Nodule nitrogenase activity ($\text{n mol C}_2\text{H}_4/\text{mg DWmin}$)
YSUC: 幼茎酰脲含量 Young stem ureide concentration ($\mu\text{mol/gDW}$)
PSUC: 荚皮酰脲含量 Podshell ureide concentration ($\mu\text{mol/gDW}$)

三、光合速度与固氮酶活性、酰脲含量的相关性

大豆叶片季节性的光合速率与根瘤固氮酶活性呈显著正相关; 又与幼茎段和荚皮酰脲含量均呈显著正相关(表 5)。说明叶片光合和根瘤固氮有着密切的关系。

表 5 光合速率与根瘤固氮酶活性及酰脲含量的关系

Table 5 Correlation between the photosynthetic rate and nodule nitrogenase activity and young stem ureides and pod shell ureide

	固氮酶活性 ARA	幼茎段酰脲含量 YSUC	荚皮酰脲含量 PSUC
幼茎段酰脲含量 YSUC	0.9521**		
荚皮酰脲含量 PSUC	0.7971*	0.8112*	
季节光合速率 Seasonal photosynthetic rate	0.7762*	0.7662*	0.8051*

、、* 为 0.05, 0.01 显著水准 *、*、* Significant at the 0.05, 0.01 levels, respectively

讨 论

对水稻^[13]、小麦^[11]、玉米^[1,2]等不同节位叶片结构和功能的关系已有报道。根据他们的研究与大豆比较有明显不同,禾本科各叶位叶肉细胞的环数,随叶位上升而增加,至顶部旗叶达最多,玉米是以中部果穗叶结构复杂,光合速率最高,而大豆中上部(12~13 节位)叶片具有较多的栅栏细胞层数、细胞及叶绿体数目,并相应地具有较高的光合速率。说明作物形态结构是生理功能的基础,尤其大豆营养生长和生殖生长并进时期,根生长根瘤固氮、茎叶及花荚生长争夺养料剧烈时期,植株中上部节位叶片承担着有机物合成和有效地分配的重要生理作用。

大豆是生理多样性植物,既进行光合作用又与根瘤菌共生固定空气中的游离氮素。大豆叶片光合作用为根瘤固氮提供能量、还原剂和碳架,同时根瘤固氮向大豆植株供应含氮有机物质(天冬酰胺、酰胺)为地上部的生长提供合成物质增加叶面积,提高光合速率。从我们的研究结果表明,新品种较老品种在叶片光合特性方面得到改善的同时,根瘤固氮能力也相应得到提高。这与 Sinclair(1989)^[19]关于大豆植株中碳素积累增加能促进共生固氮,氮素积累增加也能提高光合速率的论述是一致的。

大多数新品种或者高产品种在光合和固氮两方面同时得到提高,这是人们长期栽培和育种实践过程中结合高产间接选择的结果。今后选育新品种应将高光效和高固氮结合起来,能够更有成效。

参 考 文 献

- [1] 王群瑛等:1986,玉米不同叶位叶片的初步研究,《作物学报》,12:273~278
- [2] 王群瑛等:1988,玉米不同叶位叶片叶绿体超微结构与光合性能的研究,《植物学报》,30(2):146~152
- [3] 杜维广等:1982,大豆品种(系)间光合活性的差异及其与产量的关系,《作物学报》,8(2):131~135
- [4] 杜维广等:1984,大豆高光效育种的探讨,《植物学通报》,(2-3):7~12
- [5] 苗以农等:1982,大豆比叶重的变异性,《大豆科学》,1(1):61~67
- [6] 苗以农等:1986,不同品种大豆叶片解剖的研究《大豆科学》,5(3):219~222
- [7] 徐克章等:1983,大豆叶片形态解剖特征与光合速率,《大豆科学》,2(3):169~174
- [8] 徐克章等:1984,大豆不同节位叶片形态解剖的研究,《大豆科学》,3(1):15~19
- [9] 顾剑本等:1985,简易的乙炔还原定氮测定法,《植物生理学实验手册》,上海科技出版社,259~264
- [10] 徐志伟等:1986,豆科植物中酰胺含量的测定,《植物生理通讯》,(4):60~62
- [11] 段续川等:1974,小麦叶片个体发育过程中叶肉细胞及其它类型细胞结构变化的观察,《植物学报》,16(3):254~264
- [12] 小岛睦男:1972,关于提高大豆品种光合作用能力的研究(苗以农译),《农业技术研究所报告》,23:97~143
- [13] 长南信雄:1967,水稻の叶肉の构造とその叶位制变化,《日本作物纪事》,36(3):296
- [14] Denison, R. F. et al.: 1985, Variability among plant in dinitrogen fixation (acetylene reduction) rate by field-grown soybean. *Agronomy J.*, 77, 447~950
- [15] Herdige, D. F.: 1989, Measurement of nitrogen fixation by soybean using the ureide technique. *World Soybean Research Conference IV Proceedings.*, 189~195

- [16] Lugg, D. G. et al. : 1979, A survey of soybean cultivars for variability in specific leaf weight. *Crop Sci.* 19, 887~892
- [17] Nelson, D. R. et al. : 1985, Interactions between carbon and nitrogen during podfilling. *World Soybean Research Conference III Proceeding.* , 829~832
- [18] Pyke, K. A. et al. : 1987, The control of chloroplast number in wheat mesophyll cells. *Planta.* , 170, 416~421
- [19] Sinclair, T. R. : 1989, Simultaneous limitation to soybean yield in crease by carbon and nitrogen. *World Soybean Research Conference Iv Proceedings.* , 1967~1973

COMPARATION OF PHOTOSYNTHETIC TRAITS AND NITROGEN FIXATION BETWEEN SOYBEAN CULTIVARS

Miao Yinong Xu Shoumin Zhu Changfu Jiang Yanqiu
Liu Xuejun Song Haixing Yan Xuifeng

(Biology Department, Northeast Normal University)

Abstract

Photosynthetic traits and nitrogen fixation ability were compared between different soybean cultivars. The results are as follows: the upper—mid leaves of most new or high—yielding cultivars have more palisade cell layers and palisade cells, larger number of chloroplasts, greater leaf thickness and specific leaf mass, as well as higher photosynthetic rate at reproductive stages than that of the old ones. Meanwhile, the new cultivars have higher nodule nitrogenase activity, higher ureide contents in young stems. There were obvious positive correlations between leaf photosynthetic rate, nodule nitrogen activity and ureide contents in young stems. The new cultivars have higher ability on photosynthesis and nitrogen fixation in comparison with those of the old ones.

Key words Soybean; Photosynthetic rate; Nitrogen fixation; Ureide contents