

高光效大豆品种豆荚解剖学特性^{*}

张桂茹¹ 杜维广¹ 满为群¹ 栾晓燕¹ 陈 怡¹
王学东² 李桂芹² 桂明珠² 戈巧英³ 郝乃斌³ 李卫华³

(1. 黑龙江省农科院大豆所 哈尔滨 150086; 2. 东北农业大学 哈尔滨 150030;
3. 中国科学院植物研究所 北京 100093)

摘要 采用光合速率不同的大豆品种黑农 37(普通高产品种)、黑农 40 和黑农 41(高光效品种), 分别于 R₃、R₄、R₅、R₆ 和 R₇ 时期取荚进行了解剖学观察。结果表明: 1. 不同光合类型品种间, 豆荚表皮上气孔密度彼此接近, 无明显差别; 2. 豆荚同化组织细胞内叶绿体数目, 高光效品种均大于普通高产品种, 且在相同品种中豆荚叶绿体分布的密度为豆荚的两端大于豆荚的两面。在 R₆ 时期叶绿体的体积高光效品种也大于普通高产品种。叶绿体中基粒的数目也是如此; 3. 豆荚两侧维管束密度以及腹、背部导管数目高光效品种均大于普通高产品种。

关键词 大豆; 豆荚; 光合特性; 解剖学

中图分类号 S 565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2001)02-0014-04

光合作用是决定产量的重要因素^[1]。因为作物干重的 90% 以上来自光合作用, 所以它的大小必然直接影响着产量的高低。高光效种质哈 79-9440 和高光效品种黑农 39、黑农 40、黑农 41 的育成, 也验证了这一点^[2]。研究表明, 高光效品种黑农 40、黑农 41 诸多光合作用特性(例如, 光合速率、光抑制、光合色素、光合系统 II 综合活力, C₃、C₄ 途径关键酶活性等)均优于高产品种黑农 37^[3]。而且其非叶器官豆荚的光合特性也有类似趋势^[3]。既然黑农 40 和黑农 41 光合作用特性及其产量明显高于黑农 37, 那么豆荚解剖学上具有何种特性来实现其具有的功能呢? 这正是本文要探讨的问题。大豆品种形态解剖学已有许多报道^[4]。但多采用常规育成的品种为试材, 对高光效育种途径育成的高光效品种的解剖学特性, 尤其是非叶器官豆荚的研究报道尚少。本文旨在系统地比较高光效品种和高产品种非叶器官豆荚解剖学特性, 为高光效育种及从解剖学角度阐述光合作用的机理提供依据。

1 材料与方法

本试验于 1999-2000 年进行, 供试材料为高光

效品种黑农 40、黑农 41 及对照品种黑农 37。材料取自于黑龙江省农科院大豆试验场圃, 三个品种分别于开花后 R₃ 期、R₄ 期、R₅ 期、R₆ 期及 R₇ 期选取正常的荚果, 分别进行处理观测。

1.1 石蜡切片法

将上述各期采集的大豆豆荚分别横向切成 2-3mm 小段, 立即用 FAA 液固定, 并采取常规的石蜡切片法制片, 用快速处理仪进行脱水-浸蜡处理, 切片厚度为 10^μm, 干燥去蜡后, 利用番红-固绿二重滴染方法, 中性树脂封片。切片利用 OLYMPUS BH-2 型研究显微镜观测, 显微测量并显微照相。

1.2 透射电镜样品制备

将豆荚切成 1mm×3mm 的小条, 放入 2.5%、pH6.7 戊二醛固定液中, 于 4℃ 冰箱中固定 2 小时; 经 0.1mol/L 磷酸缓冲液冲洗三次, 1% 锇酸后固定 1.5 小时; 磷酸缓冲液冲洗三次, 乙醇梯度脱水, Epon812 包埋剂包埋; LKB-V 型超薄切片机切片, 醋酸双氧铀、柠檬酸铅双重染色, JEM-1200EX 透射电镜观察。

1.3 扫描电镜样品制备

将豆荚切成 1mm×3mm 的小条, 放入 2.5%、pH6.7 戊二醛固定液中, 于 4℃ 冰箱中固定 2 小时;

* 收稿日期: 2001-02-23

作者简介: 张桂茹(1958-), 女, 研究员, 研究方向大豆高产及高效育种。

经 0.1mol/L 磷酸缓冲液冲洗三次, 乙醇梯度脱水, 乙酸异戊酯置换, 临界点干燥; 离子溅射镀膜导电处理后, 用 KYKY-1000B 型扫描电镜观察。

2 观察结果

对不同品种豆荚光合解剖学特性进行了全面分

析比较, 结果如下:

2.1 豆荚表皮上的气孔

2.1.1 气孔密度

扫描电镜下观察气孔密度(图版 I . 1—3)以 2050 μm^2 的实际面积内的气孔数(随机 5 次平均), 然后换算成 1000 μm^2 的气孔数表示, 测定结果表明: 不同品种豆荚表面的气孔密度如表 1 所示。

表 1 不同大豆品种荚皮的气孔密度

Table 1 Stoma density on pod walls of different soybean cultivars

重复 Rep.	黑农 37 Heinong 37		黑农 40 Heinong 40		黑农 41 Heinong 41	
	2050 μm^2	1000 μm^2	2050 μm^2	1000 μm^2	2050 μm^2	1000 μm^2
1	21	10.3	17	8.4	17	8.4
829	18	8.9	16	7.9		18
3	18	8.9	18	8.9	20	9.8
4	16	7.9	18	8.9	17	8.4
5	18	8.9	16	7.9	20	9.8
平均 Average	18.2	8.99	17.0	8.39	18.4	9.08

从表 1 看出, 三个品种间气孔密度彼此接近, 无明显差异, 一般在 8.39—9.08 个/ μm^2 。

2.1.2 气孔的大小

扫描电镜下测量气孔的大小(图版 I . 4—6), 用每个气孔的口径表示。在此基础上, 计算单位面积内的气孔长度, 测定结果如表 2 所示。

从表 2 看出, 不同品种间单个气孔口的长度, 高光效的黑农 40 与黑农 37 接近, 而黑农 41 明显地大于黑农 37。但以每 1000 μm^2 的气孔总长度计算, 黑农 41 > 黑农 37 > 黑农 40。

利用光镜和电镜结合观测同化细胞内叶绿体数。不同品种大豆豆荚同化细胞内叶绿体数目按背部、腹部和豆荚两面三个部位进行观测, 其结果如表 3 所示。

表 2 大豆豆荚表皮气孔的大小

Table 2 Stoma size on pod walls of different soybean cultivars

项目 Items	黑农 37	黑农 40	黑农 41
	Heinong 37	Heinong 40	Heinong 41
平均气孔口径(μm) Average stoma length(μm)	31.7	32.0	34.9
每千 μm^2 气孔长 Stoma length/1000 μm^2	284.98	268.48	316.89

2.2 豆荚内同化细胞的叶绿体测定

2.2.1 豆荚同化组织细胞内叶绿体

表 3 不同品种豆荚同化细胞内叶绿体数(R_6 时期)

Table 3 The number of chloroplast in assimilative cells of different cultivars(R_6)

部位 Position	黑农 37 Heinong 37						黑农 40 Heinog 40					黑农 41 Heinong 41						
	1	2	3	4	5	平均 Average	1	2	3	4	5	平均 Average	1	2	3	4	5	平均 Average
腹缝处 Ventral suture	10	6	11	9	7	8.6	18	14	16	25	13	17.2	19	20	28	16	15	19.6
背缝处 Dorsal suture	9	10	8	7	6	8.0	11	12	14	10	13	12.0	12	16	14	10	15	13.4
两侧 Both sides	7	7	8	6	7	7.0	18	8	10	9	11	11.2	9	16	16	20	13	14.8

从表 3 看出, R_6 期高光效品种黑农 40、黑农 41 细胞内叶绿体数目各部位均大于黑农 37。具体为黑农 41 > 黑农 40 > 黑农 37。由于两端(腹缝和背缝)相比各品种趋势一致, 均是腹缝端 > 背缝端; 而两端与两面相比, 虽然细胞的体积大小有明显区别即两面 > 两端。但就其细胞内的叶绿体数则两端 > 两

侧。确切地说豆荚叶绿体分布的密度则是豆荚的两端明显大于豆荚的两面。

2.2.2 豆荚叶绿体的大小

透射电镜观测表明不同品种从 R_3 — R_6 各期细胞内叶绿体的大小, 如表 4 所示。

从表 4 看出, 从 R_3 — R_6 期同一品种随着果实发

表 4 豆荚叶绿体的大小(μm)

Table 4 The size of chloroplasts in pods(μm)

品种 Varieties	生殖生长期 Reproductive stage			
	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
黑农 37 HeiNong 37	1.7 × 1.5	4.3 × 1.5	5.1 × 3.0	5.0 × 3.2
黑农 40 HeiNong 40	1.1 × 0.7	1.5 × 0.8	3.9 × 2.0	7.4 × 3.8
黑农 41 HeiNong 41	1.8 × 1.0	1.4 × 0.8	3.7 × 1.3	6.2 × 3.8

注:表内数据为叶绿体的长×宽。

Note: the data in the table denote length and width of the chloroplast

育不同时期叶绿体由小到大不断生长;不同品种间生长速度不同,其中黑农 37 前期生长较快, R₄ 期以后各期大小差异不大;而黑农 40 和黑农 41 前期生长速度较慢,后期生长较快, R 时期叶绿体的体积明显大于黑农 37。

2.2.3 豆荚叶绿体结构比较

观察表明,不同品种间大豆豆荚内叶绿体不仅数量、大小有明显差异,就其叶绿体的结构方面也有所不同(图版 II. 10—15),其结果如表 5 显示。

从表 5、图版 II. 13—15 看出,不同品种间叶绿体的结构特性,突出的表现在基粒的数目高光效的品种明显优于一般品种,而每一基粒的片层数品种间差异较小,从在叶绿体产生的淀粉粒数量和大小来看,高光效两个品种都高于一般品种。尽管淀粉

不是叶绿体的结构成分,淀粉粒的存在和量的多少也充分地表明光合作用的强度以及合成物质的能力的强弱,与此同时也进一步说明了豆荚在子粒形成过程中的作用。

表 5 不同品种豆荚同化细胞内叶绿体结构差异(R₆)

Table 5 Comparison of chloroplast structure in assimilative cells of pods from different varieties

	黑农 37 黑农 40 黑农 41 HeiNong 37 HeiNong 40 HeiNong 41			
	叶绿体内基粒数 Number of grana in chloroplasts	6.2	13.4	11.7
基粒片层 Thylakoids	13.4	11.0	13.8	
叶绿体内淀粉粒数 Number of starch grains in chloroplasts	8.5	9.7	9.2	
淀粉粒大小 Size of the starch grain	长 Length	1.09	1.88	1.89
	宽 Width	0.34	0.35	0.80

2.3 不同品种间豆荚输导组织的性状比较

大豆豆荚内维管组织系统是供应光合作用中的原料和及时转运光合产物的通道,是光合作用效率的重要因素之一。不同光合特性的品种应该是有一定差别的。为此,我们围绕维管束数目、导管的数目、韧皮部特征等情况进行调查,其结果综合成表 6。

表 6 不同品种大豆豆荚输导系统特性

Table 6 Properties of transportation system in pods of different soybean cultivars

部位 Position	品种 Varieties	荚果发育时期 Developmental stage of pods				总和 Total	平均 Average
		R ₄	R ₅	R ₆	R ₇		
腹部导管数 Vessels in ventral suture	黑农 37 HeiNong 37	24	40	35	38	137	34.25
	黑农 40 HeiNong 40	33	50	42	41	166	41.50
	黑农 41 HeiNong 41	36	58	58	60	212	53.00
背部导管数 Vessels in dorsal suture	黑农 37 HeiNong 37	20	35	28	35	118	29.50
	黑农 40 HeiNong 40	23	41	42	42	148	37.00
	黑农 41 HeiNong 41	24	46	44	36	150	37.50
两侧面维管束数 Vascular bundles in both sides	黑农 37 HeiNong 37	8+8	9(2)+5(1)	7+9	11+9	66	16.50
	黑农 40 HeiNong 40	13+12	9+11	13(4)+9	10+5	82	20.50
	黑农 41 HeiNong 41	10+10	7+13	9+9(4)	8(2)+8(4)	74	18.50

注: R₃ 维管束开始发育故未统计;表中括号内数字为纵切维管束数。

Note: The data in R₃ aren't filled in because the vascular bundle just begins to develop in that stage; the data in brackets denotes the number of vascular bundles on longitudinal section.

从表 6 和图版 II. 7—9 看出, (1)同一品种腹部的输导组织内的导管数目,明显优于背部; (2)两侧维管束密度黑农 40> 黑农 41> 黑农 37; (3)腹部或背部的导管数目黑农 41> 黑农 40> 黑农 37。观察

中发现腹部维管束的韧皮部比背部的维管束的发达,除在木质部外边分布外,在木质部内侧还常有成束存在的筛管,特别是在与胚珠柄交接的部位,更是如此,这是豆荚向豆粒运输物质所必需的。

综上观察表明大豆豆荚的光合结构因子, 在不同基因型的材料中即不同光合特性的品种中有着明显的差异, 表现在气孔的口径大小、同化组织内细胞中叶绿体数量、大小和叶绿体结构以及输导分子等方面, 高光效的品种黑农 40、黑农 41 均优于黑农 37。

3 讨论

已往人们对光合作用的特性主要着眼于叶器官的形态结构特征及生理功能。诸如, 叶形、叶色、叶的解剖学特性以及光合效率等内容。近年来随着对光合器官研究不断深入, 人们把注意力逐渐地转到非叶器官的光合作用上来。在大豆方面豆荚的光合作用受到一些工作者的关注。本研究通过解剖学研究将另文报道大豆豆荚具有一个完备的光合作用解剖学体系, 以及动态发育过程。在此基础上, 本文较详细地比较了不同基因型的品种光合特性的差异, 得到了予想的结果。在光合作用的场所方面, 同化组织内叶绿体密度、叶绿体多少、大小以及叶绿体内部膜系统, 高光效品种黑农 40、黑农 41 均优于高产

品种黑农 37; 在光合作用的原料供应的途径方面, 如气孔和水份供应的导管等, 黑农 40、黑农 41 也优于黑农 37; 在形成光合产物的转运方面, 如维管束的分布与筛管的数量也是如此。大豆豆荚与叶器官光合结构的特性, 高光效品种与高产品种的趋势基本一致。这对大豆高光效品种的选育提供了依据。亦为其它作物非叶器官的研究提供重要参考价值。

和其它作物一样, 大豆的一生经历了营养生长和生殖生长两个阶段。有 90% 以上的营养是由同化组织进行光合作用所提供的。当大豆转入生殖生长以后, 除叶以外, 豆荚器官对子粒形成有多大贡献及品种间差异的机理尚有待进一步研究。

参考文献

- 1 郝乃斌, 戈巧英, 杜维广. 大豆高光效育种光合生理研究进展 [J]. 植物学通报 1991, 8(2): 13-19.
- 2 杜维广, 张桂茹, 满为群, 等. 大豆高光效品种选育及高光效育种再探讨 [J]. 大豆科学 2001, 20(2): 110-115.
- 3 李卫华, 卢庆陶, 郝乃斌, 等. 大豆 C_4 途径与光系统 II 光化学功能的相互关系 [J]. 植物学报 2000, 42(7): 689-692.
- 4 董钻. 大豆产量生理 [M]. 中国农业出版社, 1995.

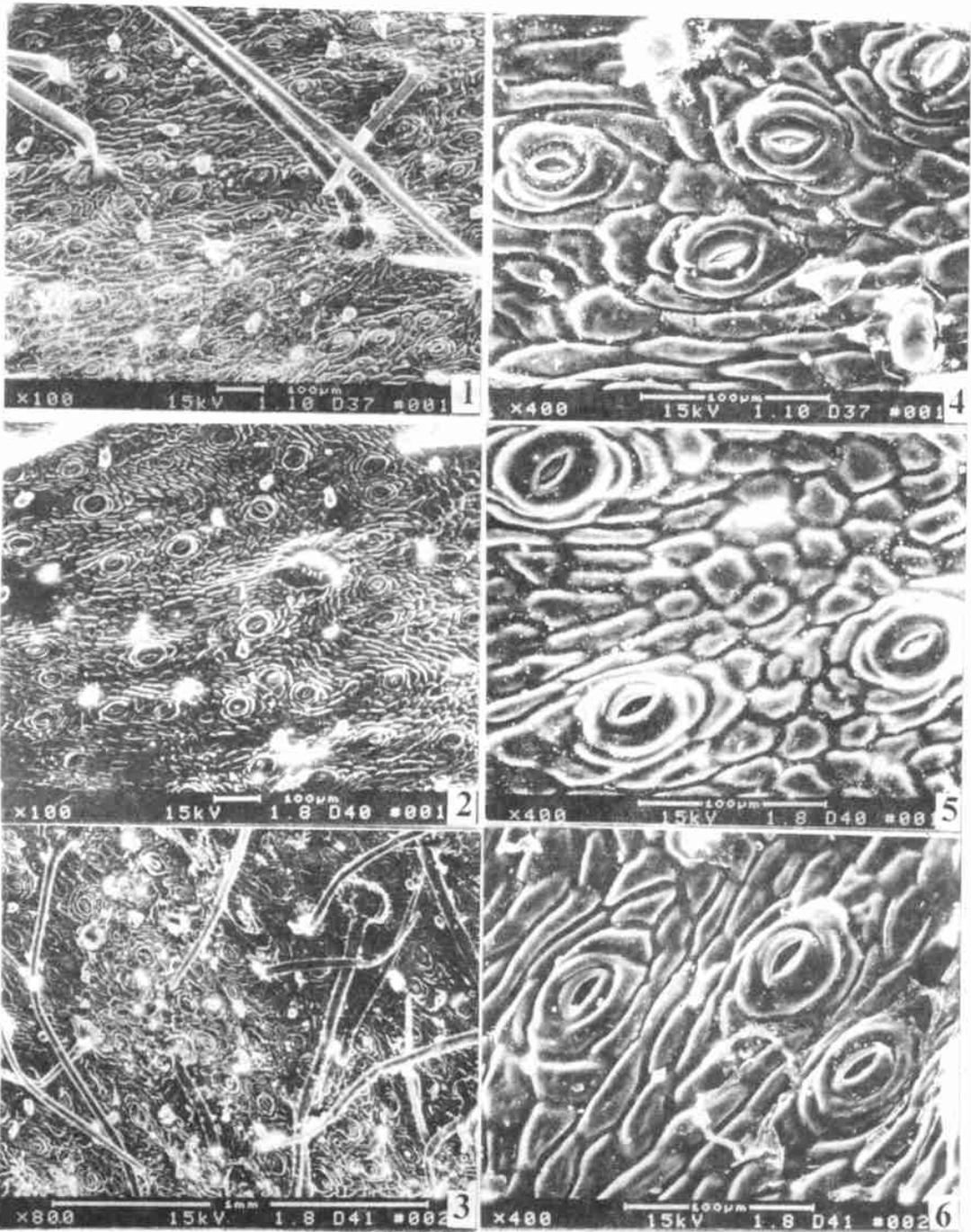
ANATOMY PROPERTIES OF POD WALLS OF SOYBEAN VARIETIES WITH HIGH PHOTOSYNTHETIC RATE

Zhang Guiru¹ Du Weiguang¹ Man Weiqun¹ Luan Xiaoyan¹ Chen Yi¹
Wang Xuedong² Li Guiqin² Gui Mingzhu² Ge Qiaoying³ Hao Naibin³ Li Weihua³

- (1. Soybean Institute, Heilongjiang Academy of Agr. Sci., Harbin 150086;
2. Agricultural College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030;
3. Plant Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing)

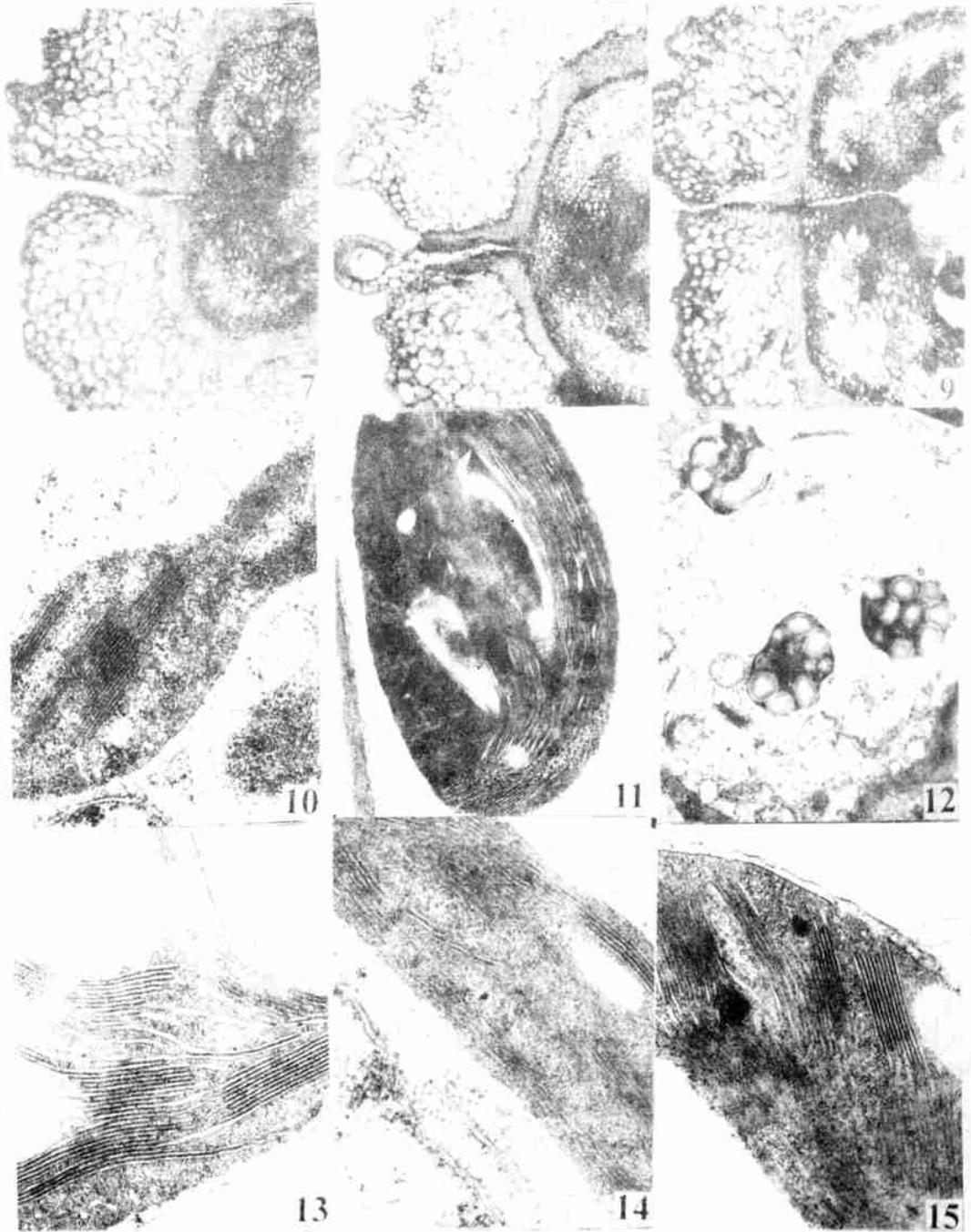
Abstract Soybean varieties, Heinong 37 (with high yield), Heinong 40 and Heinong 41 (with high yield and high photosynthetic rate) were used as materials in this experiment. The anatomy of pods from R₃, R₄, R₅, R₆ and R₇ stages was conducted. The results show that: (1) The density of stomas on pod wall is similar among different types of varieties. (2) The number of chloroplasts in assimilative cells of pods is bigger in varieties with high photosynthetic rate than in common varieties with high yield. The distribution of chloroplasts in one pod is more in both sutures than in both sides. (3) The size of chloroplasts and the number of grana in them at R₆ stage are bigger in varieties with high photosynthetic rate than in common varieties with high yield. (4) In varieties with high photosynthetic rate, the density of vascular bundles in both sides and the number of vessels in both sutures of the pod are bigger than in common varieties.

Key words Soybean; Pod; Photosynthetic property; Anatomy



不同品种豆荚表皮特征与气孔 Epidermis property and stomas of pods from different varieties

- 1. 黑农 37 豆荚表皮 (气孔与表皮毛) 100× Pod epidermis of Hei Nong 37(stomas and fluff) 100×
- 2. 黑农 40 豆荚表皮 (气孔) 100× Pod epidermis of Hei Nong 40(stomas) 100×
- 3. 黑农 41 豆荚表皮 (气孔与表皮毛) 100× Pod epidermis of Hei Nong 41(stomas and fluff) 100×
- 4. 黑农 37 豆荚表皮 (气孔放大) 400× Pod epidermis of Hei Nong 37(amplified stomas) 400×
- 5. 黑农 40 豆荚表皮 (气孔放大) 400× Pod epidermis of Hei Nong 40(amplified stomas) 400×
- 6. 黑农 41 豆荚表皮 (气孔放大) 400× Pod epidermis of Hei Nong 41(amplified stomas) 400×



大豆豆荚光合特性 The photosynthetic property of soybean pods

- 7. 黑农 37 豆荚腹缝线维管束 Vascular bundles in ventral suture of pods of Hei'ong 37
- 8. 黑农 40 豆荚腹缝线维管束 Vascular bundles in ventral suture of pods of Hei'ong 40
- 9. 黑农 41 豆荚腹缝线维管束 Vascular bundles in ventral suture of pods of Hei'ong 41
- 10. 发育前期的叶绿体 (示叶绿体内基粒和淀粉粒) Chloroplasts in early stage (show grana and starch grains)
- 11. 发育中期的叶绿体 (示叶绿体内基粒和淀粉粒) Chloroplasts in intermediate stage (show grana and starch grains)
- 12. 发育后期的叶绿体 (示叶绿体内基粒和淀粉粒) Chloroplasts in late stage (show grana and starch grains)
- 13. 黑农 37 叶绿体的片层 Chloroplast thylakoids of Hei'ong 37
- 14. 黑农 40 叶绿体的片层 Chloroplast thylakoids of Hei'ong 40
- 15. 黑农 41 叶绿体的片层 Chloroplast thylakoids of Hei'ong 41