

大豆光合生理生态的研究

第2报 野生大豆和栽培大豆光合作用特性的比较研究

杨文杰 苗以农

(东北师范大学生物系)

摘 要

本文研究了野生大豆和栽培大豆不同生育时期的光合作用速率、叶绿素含量、叶片全氮含量以及不同光照强度、光质、温度下的光合作用速率。并将野生大豆同栽培大豆光合特性作了比较。野生大豆光合作用速率比栽培大豆低。野生大豆的光饱和点为4万米烛光,栽培大豆为6万米烛光。野生大豆和栽培大豆不同生育时期叶绿素含量都显著不同。叶绿素含量与光合作用速率在鼓粒期呈显著正相关。野生大豆单位叶片鲜重叶绿素含量高于栽培大豆,其叶绿素a和b的比值小于栽培大豆,叶绿素b的相对含量高于栽培大豆,但野生大豆单位叶面积叶绿素含量低于栽培大豆。野生大豆和栽培大豆不同生育时期叶片全氮含量差异均显著,叶片含氮量与光合作用速率在鼓粒期呈显著正相关。野生大豆和栽培大豆在白光下光合作用速率最高,在红光、蓝光和绿光下偏低。野生大豆在蓝绿光下的光合效率相对高于栽培大豆。野生大豆和栽培大豆的光合作用最适温度为25—30℃。野生大豆同栽培大豆相比具有阴生植物的某些光合特性。

序 言

野生大豆 (*Glycine Soja* (L.) Sieb et Zucc.) 与栽培大豆 (*Glycine max* (L.) Merr.) 是大豆属 (*Glycine*) 的两个种,它们的染色体数目相同 ($2n=40$),二者杂交结实正常。野生大豆在恶劣的自然环境下生存,经过长期严酷的自然选择,产生和保留了许多优良性状如抗旱、耐阴、抗寒、抗碱、抗虫和抗病等。野生大豆最突出的特点是蛋白质含量高,有的高达55.37%,而栽培大豆一般含蛋白质40%左右。含硫氨基酸含量也明显地高于栽培大豆。因此野生大豆是大豆抗性育种、高蛋白育种、高含硫氨基酸育种和高产育种的重要亲本来源(福井重郎,1977;海妻,1974;郑惠玉等1980;王金陵1982)。

近些年来,国内外学者正积极开展对野生大豆的资源考察、鉴定、保存、分析和利用的研究工作。但野生大豆的生理特别是光合作用特性的研究还很少。小岛(1968)测

定了16个栽培大豆品种、1个半野生和1个野生大豆的光合作用速率,结果表明野生大豆的光合作用速率比栽培大豆低。Pai等(1976)研究栽培大豆“克拉克”与“哈罗索伊”两个品种在播种后65天叶片全氮含量为4—4.5%,同最高产量相关。并得出结论指出,不同季节叶片全氮含量是大豆氮素营养最好的诊断指标。小岛(1975)认为大豆单位叶面积全氮含量与光合作用速率呈显著正相关。Boote等(1978)指出,栽培大豆在鼓粒期叶片全氮含量下降,光合作用速率与叶片含氮量呈显著正相关。叶片含氮量在4.6—6%时,光合作用速率最高,叶片含氮量在1.75%时,光合作用速率接近零。Buttery(1977, 1981)研究生长在田间的大豆光合作用速率和叶片含氮量、叶绿素含量的相互关系认为,鼓粒期的叶片含氮量和光合作用速率呈极显著正相关,开花期的叶绿素含量与光合作用速率呈显著正相关。Vguyen Quoc Vong(1977)指出栽培大豆光合作用的最适温度为24°—30℃。杜维广等(1982)两年间测定了栽培大豆不同品种(系)间光合作用速率是11—40mgCO₂·dm⁻²·h⁻¹, 平均为23.1mgCO₂·dm⁻²·h⁻¹。栽培大豆的光合作用速率、光饱和点、叶绿素含量和叶片含氮量等国内还有些报导(潘瑞炽等1963, 王连铮等1966, 1980, 苗以农、1982等)。

本文研究了野生大豆和栽培大豆叶绿素含量、叶片全氮含量与光合作用速率的关系,以及光照强度、光质和温度对光合作用的影响,并将野生大豆和栽培大豆的光合特性进行比较。

材 料 和 方 法

试验是在长春市东北师大试验地进行的。选择了具有代表性的栽培大豆品种三个(长农1号、吉林12号、吉林13号),野生大豆保存号三个(647、477、754)。其中长农1号和吉林12号为无限结荚习性,吉林13号为亚有限结荚习性,野生大豆均为无限结荚习性。分别于1981年和1982年4月30日播种,垄距为60厘米,株距为10厘米,盆栽每盆留1株。

在野生大豆和栽培大豆苗期、花期、结荚期和鼓粒期,取新长成叶片(野生大豆中上部叶片,栽培大豆从顶数第4—5节上的叶片)。在室内用QGD—07型红外线CO₂分析仪测定离体叶片光合作用速率(分析仪是北京分析仪器厂生产,测定装置按中国科学院上海植物生理研究所光合室设计按装)。每次测定取每个栽培大豆品种三片小叶,野生大豆三片复叶。每片小叶至少重复测定2次。测定均在晴天进行,在上午10—12时取样。在室内经预照光后测定。用画纸法计算叶面积。光源灯用2个300瓦溴钨灯(南京特种灯泡厂产)。光照强度用调压变压器调节,用ST—Ⅲ型照度计测定光照强度。同化室用玻璃加工而成,放在恒温水浴中。用电热加热器加温,用冰降温,用DM—7151型控温仪控温。分析仪的零点用上海产钠石灰标定,终点用北京分析仪器厂配制的标准CO₂气体标定。用无水氯化钙做干燥剂。测定光合作用速率后的叶片,一部分用直径2.5厘米的打孔器在叶片中部打叶圆片称鲜重后研磨(野生大豆苗期用1厘米的打孔器打叶圆片)。用80%的丙酮提取叶绿素,按Arnon方法,用日本岛津UV—200型双光路分光光度计测定叶绿素含量。另一部分样品在70℃烘箱内烘干,用微量凯氏法测

定叶片全氮含量, 每次样品重复消化一次, 每次消化液重复滴定 6 次, 每期每个样品共重复 12 次, 取其平均值。

用红色、兰色、绿色和无色聚乙烯透明塑料薄膜 (由吉林省塑料研究所加工) 放在光源灯前得到不同的光质。各种光的光强度均调节到 5 万米烛光。有色塑料薄膜在可见光区 (400—700 毫微米) 的透过率和透过光的光谱范围, 用日本 UV—200 型双光路分光光度计测定。

试 验 结 果

一、叶绿素含量与光合作用速率

大豆叶片叶绿素含量显著不同 (表 1)。栽培大豆长农 1 号平均为 $4.46\text{mg}/\text{dm}^2$, 吉林 12 号为 4.26 , 吉林 13 号为 4.30 , 野生大豆 647 为 4.17 , 477 为 4.01 , 754 为 3.72 。栽培大豆平均为 $4.34\text{mg}/\text{dm}^2$, 野生大豆平均为 $3.97\text{mg}/\text{dm}^2$ 。野生大豆和栽培大豆不同生育时期叶片叶绿素含量均显著不同。栽培大豆不同时期叶绿素含量差异极显著 ($F=5.96^{**}$), 野生大豆差异显著 ($F=8.08^{*}$)。野生大豆和栽培大豆上层长成叶叶绿素含量开花初期最高, 以后逐渐降低, 鼓粒期明显下降。

表 1 大豆不同时期叶片叶绿素含量 (mg/dm^2)

品种	生育期	苗 期		花 期		结荚期		鼓粒期		平 均
		6 月 5 日	6 月 19 日	7 月 3 日	7 月 17 日	8 月 5 日	8 月 13 日	8 月 24 日	9 月 12 日	
栽培大豆	长农 1 号	4.32	4.49	5.63	4.96	4.70	4.54	4.53	2.47	4.46
	吉林 12 号	4.66	4.65	5.15	4.84	—	4.19	3.16	2.99	4.26
	吉林 13 号	4.41	4.69	5.61	4.89	4.41	4.07	3.86	2.49	4.30
	平 均	4.46	4.68	5.46	4.90	4.56	4.27	3.85	2.65	4.34
野生大豆	647	—	4.02	4.99	4.36	4.04	4.03	4.00	3.74	4.17
	477	—	3.98	4.90	4.86	4.16	4.04	3.52	2.58	4.01
	754	—	—	4.41	4.46	4.01	3.47	—	2.23	3.72
	平 均	—	4.00	4.77	4.56	4.07	3.85	3.76	2.85	3.97

野生大豆单位叶面积叶绿素含量低于栽培大豆, 但野生大豆单位叶片鲜重叶绿素含量高于栽培大豆, 这主要是由于野生大豆叶片较薄的缘故。野生大豆叶绿素 a 和 b 的比值小于栽培大豆。叶绿素 b 的相对含量高于栽培大豆 (表 2), 表明了野生大豆具有阴性植物的特点。

不同大豆光合速率显著不同。野生大豆的光合作用速率比栽培大豆低。不同生育时期光合作用速率差异显著。野生大豆和栽培大豆的光合作用速率在结荚鼓粒初期高, 鼓粒中后期随叶绿素含量的减少而明显下降。叶绿素含量和光合作用速率在鼓粒期均呈显著正相关 ($r=0.94^{**}$), 在苗期、花期和结荚期相关不显著 (表 3)。

表 2

大豆叶绿素 a 和 b 的含量

(不同时期、不同品种的平均值)

种	单 位	叶绿素a	叶绿素b	a+b	a/b
栽培大豆	mg/dm ²	3.30	1.04	4.34	3.17
	mg/g鲜重	1.98	0.63	2.61	3.14
野生大豆	mg/dm ²	2.93	1.04	3.97	2.82
	mg/g鲜重	2.08	0.74	2.82	2.81

表 3

大豆叶绿素含量和光合作用速率

种	生 育 阶 段	叶绿素含量 (mg /dm ²)	光合速率mgCO ₂ . dm ⁻² . h ⁻¹
栽培大豆平均值	苗 期	4.46	9.23
		4.68	13.88
	花 期	5.46	26.26
		4.90	24.12
	结 荚 期	4.56	27.12
	结荚末鼓粒初期	4.27	28.06
	鼓 粒 期	3.85	23.31
		2.65	8.95
野生大豆平均值	苗 期	4.00	8.01
	花 期	4.77	14.16
		4.56	15.22
	结 荚 期	4.07	19.45
	结荚末鼓粒初期	3.85	21.46
	鼓 粒 期	3.76	17.97
		2.85	9.30

表 4

大豆不同生育时期叶片全氮含量 (干重的%)

种	生育期	花 期		结 荚 期			鼓 粒 期			平 均
		7月3日	7月17日	7月31日	8月5日	8月13日	8月24日	9月1日	9月12日	
栽培大豆	长农1号	4.34	4.45	5.09	4.56	4.03	3.86	2.92	2.04	1
	吉林12号	4.27	4.30	4.44	4.14	4.10	3.38	—	2.62	3.89
	吉林13号	—	4.49	4.90	4.81	4.61	3.80	3.58	2.82	4.14
	平 均	4.31	4.41	4.81	4.59	4.25	3.68	3.25	2.49	3.98
野生大豆	647	—	4.10	—	5.21	4.48	4.44	—	3.36	4.37
	477	—	4.17	—	4.60	4.01	3.34	—	2.66	3.86
	754	—	4.49	—	4.87	4.69	3.59	—	—	4.24
	平 均	—	4.25	—	4.89	4.16	3.93	—	3.13	4.16

二、叶片全氮含量与光合作用速率

不同野生大豆和不同品种栽培大豆叶片全氮含量均显著不同（表 4）。野生大豆不同时期叶片全氮含量差异显著，栽培大豆差异极显著。叶片全氮含量都是在结荚期高，以后逐渐下降，鼓粒期明显下降。

大豆光合作用速率在结荚鼓粒初期高，以后随叶片全氮含量的下降而降低，二者呈显著正相关（ $r=0.84^*$ ）（表 5）。

表 5 大豆叶片全氮含量与光合作用速率

种	生 育 阶 段	叶 片 全 氮 (%)	光合速率 ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)
栽培大豆平均值	花 期	4.31	26.26
		4.41	24.12
	结 荚 期	4.81	27.12
		4.50	27.06
	结荚末鼓粒初期	4.25	28.06
		3.68	23.31
	鼓 粒 期	3.25	17.47
		2.49	8.95
野生大豆平均值	花 期	4.25	15.22
	结 荚 期	4.89	19.45
		4.16	21.46
	鼓 粒 期	3.96	17.97
		3.13	9.30

三、光照强度对光合作用的影响

在大豆开花前，在 2、4、6、8、10 万米烛光光照和 25℃ 温度下，测定野生大豆和栽培大豆的光合作用速率（图 1）。图 1 表明光合作用速率随着光照强度的增加而提高。野生大豆在光照强度 2 万米烛光时，光合作用速率为 $10.17 \text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ，4 万米烛光时为 15.48，6 万米烛光时为 15.32，8 万米烛光时为 15.38，10 万米烛光时为 15.25，在 4 万米烛光左右达到饱和。栽培大豆在光照强度 2 万米烛光时，光合作用速率为 $13.88 \text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2}$ 。

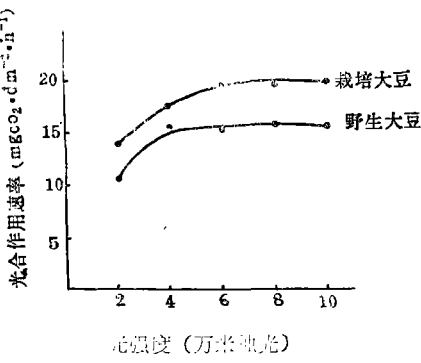


图 1 不同光强下大豆的光合作用速率

h^{-1} , 4 万米烛光时为 18.50, 6 万米烛光时为 19.54, 8 万米烛光时为 19.45, 10 万米烛光时为 19.55, 在 6 万米烛光左右达到饱和。

四、不同光质对光合作用的影响

在大豆开花前, 于红色、绿色、蓝色和白色光下测定了野生大豆和栽培大豆的光合作用速率(表 6)。试验所用各种颜色的塑料薄膜透光率和透过光的光谱范围见图 2、3、4。

不同光质下野生大豆和栽培大豆的光合速率不同。两者在白光下的光合速率最高, 在红光、蓝光和绿光下光合作用速率较低。在红光下的光合作用速率比在蓝绿光下的光合作用速率高, 同红菜豆相似 (Brun, 1978)。野生大豆在蓝、绿光下的光合速率相对高于栽培大豆。

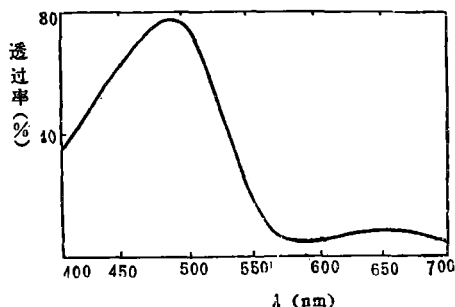


图 2 蓝色薄膜的透光范围和透过率

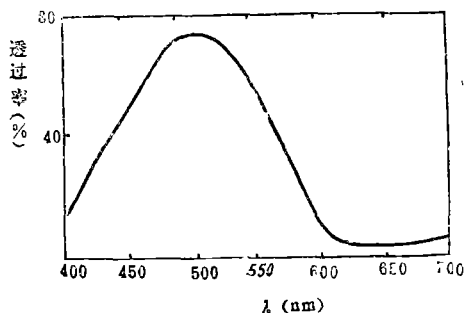


图 3 绿色薄膜的透光范围和透光率

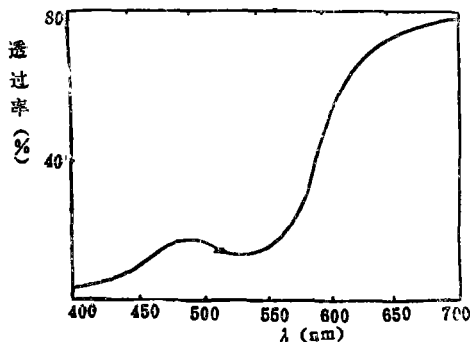


图 4 红色薄膜的透光范围和透速率

表 6 野生大豆和栽培大豆在不同光质下的光合作用速率($\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)

种	白 光	红 光	兰 光	绿 光
栽培大豆平均值	13.77 (190)	9.35 (68)	7.17 (52)	6.78 (43)
野生大豆平均值	11.36 (700)	7.21 (63)	7.03 (62)	6.90 (61)

* 括号中的数字是对照的号

五、温度对大豆光合作用的影响

大豆开花初期, 在 6 万米烛光照, 在 15°C 、 20°C 、 25°C 、 30°C 、 35°C 、 40°C 温度下

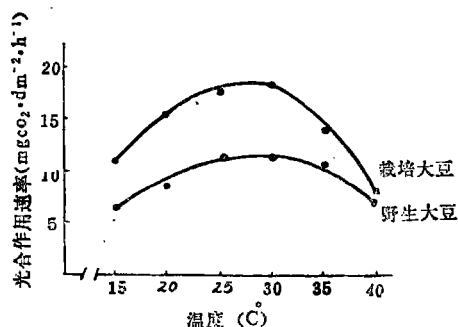


图5 不同温度下大豆的光合作用速率

典型的C₃植物特性。温度在30℃以上时,野生大豆的光合作用速率比栽培大豆下降的缓慢,表明野生大豆光合作用对温度的适应比栽培大豆强。

讨 论

Hanway等(1971), Boote(1978), Yong(1979)认为大豆叶片全氮含量从鼓粒期开始明显下降。Sinclair等称这个过程为大豆的“自我毁灭”。我们研究表明,无限结荚习性的大豆叶片全氮含量从鼓粒期开始明显下降,同上述结果相符。亚有限结荚习性的大豆叶片全氮含量在鼓粒期下降较缓慢。鼓粒期叶片含氮量下降,是由于籽粒发育需要大量的氮素,而这时大豆硝酸还原酶尤其大豆根瘤固氮酶活性下降(Haper, 1972; Lawn, 1974)。大豆从土壤中吸收的氮和根瘤菌固定的氮不能满足籽粒发育的需要,迫使叶片中的氮向籽粒转移。随着叶片全氮含量的下降,叶绿素含量减少,光合作用速率随之降低。这时正是大豆产量形成的重要时期,延长叶片光合作用的功能,能显著地增加产量。因此生产实践中在大豆鼓粒期保持叶片具有较高水平的氮素,对于防止叶片早衰,保持较高的光合作用速率对于增加产量是十分重要的。野生大豆为无限结荚习性,叶片中全氮含量也从鼓粒期开始下降,但速度比较缓慢。

Brun(1978)认为大豆叶片叶绿素含量从叶子充分展开到衰老逐渐减少,直到变为很低之前可能并不限制光合作用速率。Cooper(1967)指出,在一定范围内,光合作用速率与叶绿素含量呈正相关,超过一定限度后没有相关关系。叶绿素的最适含量为3.0—5.7mg/dm²。Wittenbach等(1981)认为大豆衰老期间,叶绿素含量和光合速率均呈直线下降。我们认为,大豆叶绿素含量和光合速率只在鼓粒期呈显著正相关,这是由于鼓粒之前叶片含有足量的叶绿素,叶绿素不是限制光合作用的主要因素。鼓粒期叶绿素含量随叶片含氮量的降低而显著下降,其量减少到一定程度后,限制了光合作用的速率。

秋田等(1973)指出,在强光下生长的植物叶绿素a和b的比值大。在弱光下生长

的植物叶片厚度变薄,叶片越薄光饱和点越低,在强光下的光合作用速率也低。野生大豆生长在杂草丛中灌木林下,缠绕于其它植物上,叶片互相遮阴,并经常处于漫射光中,光照强度较低,而且较短波的光较多。由于野生大豆长期适应这种环境,同栽培大豆相比叶片较薄,光饱和点较低,单位叶片鲜重叶绿素含量较高,叶绿素a和b的比值小,叶绿素b的相对含量较高,光合作用速率较低。这些正是阴生植物的光合特性。

叶绿素a在红光部分的吸收带偏向长波方面,而叶绿素b在蓝紫光部分的吸收带较宽。野生大豆叶绿素b的相对含量高,能更有效的利用较短波长的光,在蓝绿光下的光合效率也就相对高于栽培大豆。

小島(1968)和Dorhoff(1970)发现栽培大豆品种间光合作用速率存在着显著差异。我们的结果不仅也证明了栽培大豆品种间光合作用速率差异显著,而且还表明不同野生大豆光合作用速率也存在着显著差异。由于野生大豆具有阴生植物的光合作用特性,种内光合作用速率又存在差异,是否可以利用野生大豆这些特性做为培育适于某些地理条件和栽培方式耐阴品种的材料,值得进一步探讨。

参 考 文 献

1. 王连铮等: 1986, 大豆氮磷营养的初步研究。植物生理学通讯, 1986(5) 33-41.
2. 王连铮等: 1980, 大豆的氮磷营养试验报告。中国农业科学, 1980(1) 61-69.
3. 王金陵等: 1982, 大豆。黑龙江科学技术出版社, 1982, 87-239页。
4. 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, 1982(2) 131-135页。
5. 郑惠玉等: 1980, 吉林省野生大豆资源研究初报。中国农业科学, 1980(4) 26-32页
6. 苗以农等: 1982, 大豆叶片某些有机物质含量的日变化。东北师大学报自然科学版, 1982(1) 59-64.
7. 潘瑞炽等: 1963, 不同生育期间内大豆植株主要有机物的变化。吉林师大学报(自然科学)。1963(1) 111-119.
8. 秋田重诚等: 1973, 作物的光合作用与物质生产 户义次主编薛德榕译。科学出版社, 41-142页。
9. 小島睦男: 1975, 大豆光合作用能力的遗传。苗以农等译自日本《农业技术》1975(30): 11-15。大豆生理。科学出版社, 1980. 1-7页。
10. 小島睦男: 1968, 大豆的光合成能力的品种间差异とその安定性, 日本作物学会纪事。37, 667-674.
11. 海妻矩彦: 1974, ゴルマメの種子: たんぱく質および含硫アミノ酸含量の系統間差異とその育种的意義。育种学杂志。24(2) 65-72.
12. 福井重郎: 1977, 野生ダイズの収集。保存とその育种的義について。育种学杂志27(2) 167-173.
13. Buttery, P. R. 等: 1977, 大豆光合作用速率和叶绿素含量之间的关系。赵福洪译自Candia Jousnal of plant Science. 光合作用。科学出版社, 1979, 72-75页。
14. Vguyen Quoc Vong等: 1977, 气温对于一些作物的表现光合作用、呼吸作用和养分吸收的影响。王喜译自日本作物学会纪事。1977.46(1), 45-51。光合作用。科学出版社。1979.45-51页。
15. Boote, K. J.: 1978, Effect of foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition and yield of soybean. Agron. J. 70: 787-791.
16. Brun, W.A.: 1978, Soybean physiology, Agronomy and Utilization, 45-76.
17. Buttery, B. R.: 1981, Relationship among photosynthetic rate, bean yield and other characters in field-grown cultivars of soybean. Can. J. Plant Sci 61: 191-198.
18. Cooper, C. S.: 1967, Morphology and chlorophyll content of shade and sun leaves of two legumes. Crop Sci. 7: 672-673.
19. Dorhoff, G. M.: 1970, Varietal difference in net photosynthesis of soybean leaves. Crop Sci, 10: 42-46.
20. Hanway, J. J.: 1971, N, P. and K Percentages in soybean plant parts. Agron. J, 63: 286-290.
21. Hanway, J. J.: 1971, Accumulation of N, P, and K by soybean plants. Agron, J, 63: 406-408.

22. Harper, J. E.: 1972, Seasonal and canopy variation in nitrate reductase activity of soybean varieties. *Crop Sci*, 12 : 382—386.
23. Harper, J. E.: 1972, Canopy and seasonal profiles of nitrate reductase in soybean. *Plant physiol*, 49 : 146—154.
24. Lawn, R. J.: 1974, Symbiotic nitrogen fixation in soybean. I. Effect of photosynthetic Source-Sink manipulations. *Crop Sci* 14 : 11—16.
25. Pal, U. R.: 1976, Relationship between nitrogen analysis of soybean tissues and soybean yield. *Agron. J.* 68 : 927—932.
26. Sinclair, T. R.: 1976, Analysis of the carbon and nitrogen limitation to soybean. *Agron. J.* 68 : 319—324.
27. Wittenbach, V. A.: 1980, Changes in photosynthesis, ribulose biphate carboxylase, proteolytic activity, and ultrastructure of soybean leaves during senescence. *Crop Sci* 20 : 225—231.
28. Young, J. K.: 1979, Soybean leaf N as influenced by seedbed preparation methods and stages of growth. *Agron. J.* 71 : 560—573.

COMPARATIVE STUDIES OF PHOTOSYNTHETIC CHARACTERS OF WILD AND CULTIVATED SOYBEANS

Yang Wenjie Miao Yinong

(*Ecology Department, Northeastern Normal University*)

Abstract

The net photosynthetic rates, the chlorophyll content, the leaf total N content of wild and cultivated soybeans at different growth stages, and the effect of light intensity, light quality, temperature on the photosynthetic rates of wild and cultivated soybeans have been investigated. The photosynthetic characters of wild soybean have been compared with that of cultivated soybean. The results are summarized as follows.

The net photosynthetic rate of wild soybean was lower than cultivated soybean. Photosynthetic light saturation point of wild soybean was about 40,000 Lux and cultivated soybean was about 60,000 Lux. The chlorophyll content of wild soybean and cultivated soybean at different growth stages was significantly different. Chlorophyll content was significantly positively correlated with the net photosynthetic rates during the seed-filling period. Chlorophyll content of wild soybean per unit fresh weight was higher than that of cultivated soybean. Wild soybean contained a higher proportion of chlorophyll b in contrast to chlorophyll a. The chlorophyll content of wild soybean per unit leaf area

was lower than cultivated soybean. The leaf total N content of wild soybean and cultivated soybean at different growth stages was significantly different. The leaf total N content was significantly positively correlated with the net photosynthetic rates during the seed filling period. The net photosynthetic rates of wild soybean and cultivated soybean under white light was higher than under red, green and blue light. The photosynthetic rate of wild soybean under green and blue light was relatively higher than cultivated soybean. Optimum temperature for photosynthesis of both wild and cultivated soybeans was at 25° to 30°C. In comparison with cultivated soybean and wild soybean had some features of shade plants.