

# 高产高蛋白大豆与高效固氮根瘤菌 和菌根菌最佳联合共生体筛选\*

常从云 卢增辉 戴蜀珏 赵长军

(中国农业科学院作物育种栽培研究所)

郭鼎新

(河南省驻马店地区种子站)

大豆——根瘤菌——菌根真菌联合共生对大豆生产具有重要意义,接种根瘤菌能扩大氮肥来源、接种菌根真菌有助于作物从土壤中吸取更多的磷素,应用这两项生物技术可改善大豆氮磷营养、提高土壤肥料利用率,是作物走向自身从空中取氮,向土壤索磷的新方向。

土壤中存在大量的土著根瘤菌和菌根真菌,要选择高效根瘤菌和菌根菌与之共生,才能取得优质、高产、低耗的效益。为此采取菌株—品种组合的选择途径,在筛选大豆—根瘤菌最佳共生组合的基础上,接种吸磷功能强的菌根真菌,以筛选出高产高蛋白大豆、高效固氮根瘤菌和解磷吸收功能强的菌根真菌最佳联合共生体。

## 材料与方法

1987、1988年先后对18个蛋白质含量40~45%、适宜黄淮地区种植的丰产型夏播大豆品种分别用8个有效大豆根瘤菌株接种,见表1。采用乙炔还原活体方法测定共生固氮活性<sup>[1]</sup>,根据大豆种子播种前预先浸泡于不同菌液中。接种完全是开放式的,这样由菌液浸种形成的共生组合,是各菌株十土著菌与豆株形成的混合共生体。混合共生体共生效应,以共生固氮能力高低做为筛选主要标准,辅之其它生育考种数据做参考<sup>[2]</sup>。经过盆栽初筛和田间共生效应试验鉴定,把筛选出的分别适宜山东巨野地区和河南驻马店地区的高产高蛋白大豆与高效固氮根瘤菌的最佳共生体组合:鲁豆2号与113-2或2048根瘤菌,中豆19、中豆14与113-2、61A76根瘤菌、做为1989、1990年筛选大豆—根瘤菌—菌

\* 在菌根菌试验研究中,汪洪纲研究员给予指导,在此谨表感谢。

本文于1991年4月17日收到。 This paper was received on April 17, 1991.

根菌最佳联合共生体的试验材料,再分别接种吸磷功能强的菌根菌株 *Glomus epigacum* 和 *Glomus mosseae*。鉴于菌根菌纯培养技术尚未突破,接种方式是取繁殖菌根真菌的根际土按试验处理施放到试验盆中种子下方 1~2cm 深处<sup>[3,4]</sup>,然后将经酒精消毒后的大豆种子用无菌水冲洗再经根瘤菌液浸种 2~4 小时后播在试验盆中。初筛以生物产量、籽粒产量和菌根侵染率为筛选标准;对筛选出的大豆—根瘤菌—菌根菌最佳联合共生体,最后再经田间共生效应试验确认。花荚期取样测生物产量,离体测共生固氮活性、查根瘤数。收获期取中间 4 行(3m<sup>2</sup>)计产,并依次连续拔取 10 株大豆,对株高、分枝数、荚数、粒数、百粒重

表 1 供试大豆品种、根瘤菌、共生组合、菌根菌一览表

Table 1 The soybean Varieties, rhizobia, mycorrhiza fungi and symbiotic combinations tested in the experiments

夏大豆 Summer-sown soybean			根瘤菌 Rhizobia		共生体 Symbiotic combination		菌根菌 Mycorrhiza fungi	
品种 Variety	蛋白质含量 % Protein content %	来源 Origin	菌株 Strain	来源 Origin	优化组合 Better combinations	来源 Origin	菌株 Strain	来源 Origin
中作 83-120	42.91	中国农科院 作物所大豆 室提供	慢生型不具 固氮系统	中国农科院 土肥所 固氮组	鲁豆 2 号 —113-2 鲁豆 2 号 —2048 中豆 19-113 —2(或 61A76) 中豆 14- 61A76	自选	<i>G. epigacum</i>  <i>G. mosseae</i>	中国农科院 土肥所
中作 83-119	40.80		005					
中作 85-098	47.46		E84					
中作 D-67	43.0		31A76					
8133-8702	43.88		TA1-377					
邯 79-154	42.49		慢生型具 固氮系统					
科丰 6 号	43.46		113-2					
烟-1111	42.97		110					
宽长叶	44.46							
中油 83-14	45.0	中国农科院 油料所提供	快生型					
中油 84-14	45.0		2048					
中豆 19	40.0		2051					
鲁豆 2 号	41.38	山东省济宁市 农科所提供						
鲁豆 4 号	40.41							
豆交-59	41.20							
豆交-60	40.70							
豆交-61	41.0							
豆交-44	41.0							

等考种,对籽粒进行全氮全磷( $P_2O_5$ )及蛋白质含量分析。

试验结果

1. 从表 2 可以看出,不同大豆根瘤菌株对同一大豆品种表现不同侵染结瘤固氮性,大豆根瘤菌株 113-2、2048 表现为广谱亲和性和高效固氮性。

不同大豆品种对根瘤菌表现为不同的选择适应性,鲁豆 2 号、豆交 59、豆交 60 等几乎与所有根瘤菌共生,固氮达显著和极显著水平,表现了品种对不同根瘤菌株的广泛适应性。中油 83-14、中作 83-119、中作 85-098 仅与某一个或少数几个根瘤菌株共生固氮显著,表现了品种对菌株适应专一性。遗传型相近的大豆品种对根瘤菌株表现为大致相同

表 2 花荚期不同大豆、根瘤菌共生组合固氮活性表

Table 2 N fixation activity of symbiotic combinations of soybean varieties and rhizobia at the stages of flowering and podding

根瘤菌株 Rhizobium strain	根瘤数/株 No. of nodules/plant	固氮活性 N fixation activity ( $C_2H_4um/plant \cdot hr$ )	根瘤数/株 No. of nodules/plant	固氮活性 N fixation activity ( $C_2H_4um/plant \cdot hr$ )
鲁豆 2 号			中作 83-119	
CK	17.0	1.783	105.1	9.023
005	264.7	25.178**	109.0	11.645**
E84	30.0	8.918**	81.6	8.288
61A76	95.0	21.612**	75.8	7.553
TA1-377	100.4	30.029**	107.8	9.123
113-2	134.0	31.624**	93.4	8.812
110	87.7	23.701**	93.3	8.145
2048	192.0	30.529**	85.9	7.311
2054	14.2	5.561**	108.3	9.232
豆交 59			中作 83-098	
CK	3.7	0.315	107.6	16.266
005	71.3	0.839**	128.9	18.255*
E84	11.3	1.993**	94.9	14.478
61A76	47.7	1.573**	91.5	10.336
TA1-377	74.3	7.868**	95.5	12.379
113-2	60.6	6.924**	68.8	7.134
110	31.2	4.511**	123.4	13.638
2048	153.8	7.239**	85.4	10.281
2054	31.0	6.190**	107.6	16.366

续表 2

根瘤菌株 Rhizobium strain	根瘤数/株 No. of nodules/plant	固氮活性 N fixation activity (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> um/plant · hr)	根瘤数/株 No. of nodules/plant	固氮活性 N fixation activity (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> um/plant · hr)
	中油 83—14		豆交 60	
CK	37.3	10.336	15.5	3.567
005	71.4	9.357**	28.2	3.252
E84	22.1	5.351	35.6	4.846**
61A76	84.4	10.606	44.8	3.987*
TAL—377			62.3	5.245**
113—2	77.3	11.331*	54.0	5.770**
110	31.5	9.442	50.5	5.880**
2048	50.1	8.812	86.6	4.091*
2054	39.5	8.812	25.7	4.091*

注: \*为 5%显著, \*\*为 1%显著。  
Annotation: \* means the significant at 5% level.      \*\* means the significant at 1% level.

表 3 田间中豆 19—根瘤菌共生组合固氮活性  
Table 3 N fixation activities for various symbiotic combinations  
of soybean Zhongdou 19 rhizobiums in the field

测定项目 Item of measurement 处理 Treatment	花 期 Flowring			成 熟 期 Maturing	
	鲜重 g/株 Fresh weight (g/plant)	根瘤数/株 No. of nodules plant	固氮活性/株 N fixation activity (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> um/plant · hr · invitro)	成荚数/株 No. of pods/plant	粒数/株 No. of grain/plant
CK	54.4	59.6	1.189	34.5	66.9
61A76	78.8	67.2	1.609	35.4	69.9
113—2	78.0	59.9	1.749	36.5	71.8
005	78.9	71.4	1.469	33.4	68.6
2048	64.6	54.2	1.399	36.0	69.5
TAL—377	65.2	56.5	1.399	31.5	63.9

测定项目 Item of measurement 处理 Treatment	成 熟 期 Maturing			
	百粒重 g Grain weight/100	产量 kg/亩 Yield kg/mu	蛋白质含量 % Protein content (%)	蛋白产量 kg/亩 Protein yield kg/mu
CK	17.50	129.6	40.0	51.8
61A76	17.28	169.4	40.9	69.3**
113—2	17.21	157.6	41.2	65.8**
005	17.58	149.7	40.2	60.2
2048	17.30	143.7	40.7	58.5
TAL—377	16.92	148.4	40.9	60.7

的适应性。如中国农业科学院作物所的 83—119、85—098 等品种对根瘤菌株 005 均表现了较高的亲和适应性。尽管豆种被预先浸泡在不同的根瘤菌液中,对侵染结瘤有关键性影响<sup>[5]</sup>,但土著根瘤菌与大豆品种中作 85—098 共生仍表现了较高的固氮活性,表明宿主对菌株也存在一定的选择性。

2. 表 3 为中豆 19 与各根瘤菌株田间共生效应试验结果。经方差分析,差异显著。根瘤菌剂拌种后单株荚数、粒数、百粒重、蛋白质含量增加,实现了高产高蛋白,中豆 19—61A76 根瘤菌共生效应尤为明显,亩产量和亩蛋白产量分别比 CK 提高 30.7%和 33.8%。

表 4 是 2048 根瘤菌、*G. epigacum* 菌根菌双接种条件下对盆栽大豆生长的影响。结果

表 4 接种根瘤菌、菌根菌对鲁豆 2 号的影响

Table 4 The effects of inoculation with rhizobia and mycorrhiza fungi on soybean Ludou 2

土 壤 Soil	项 目 处 理 Stem Treatment	花 期 Flowering					
		地上部 干重 g/株 Dry weight plant above ground (g/plant)	菌根侵染率 (%) Root segment infected	全 N (%) Total N content (%)	全 N 含量 mg/株 Total N/plant	全 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content (%)	全磷含量 mg/株 Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> plant
接菌土壤 Pasteured soil	CK	0.376	0	—	—	0.743	2.791
	2048 根瘤菌	0.663	0	5.24	41.7	0.533	4.242
	<i>G. epigacum</i> 菌根菌	2.534	81.7	3.62	91.4	0.858	21.701
	2048+ <i>epigacum</i>	3.270	81.1	3.45	112.2	0.879	28.623
土 壤 Soil	项 目 处 理 Stem Treatment	成 熟 期 Maturing					
		荚数/株 No. of pod/plant	粒数/株 No. of grain/ plant	粒重 g/株 Grain weight g/plant	籽粒全 N % Total grain N content %	籽粒全 N 含量 mg/g 株 Total grain N (mg/plant)	籽粒全 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % Total grain P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content %
							含量 mg/株 Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/plant)
接菌土壤 Pasteured soil	CK	7.0	11.7	1.55	5.22	80.9	1.143
	2048 根瘤菌	8.0	14.0	1.57	5.22	81.7	1.500
	<i>G. epigacum</i> 菌根菌	13.3	29.3	3.98	5.62	223.5	1.800
	2048+ <i>epigacum</i>	14.5	32.3	4.41	5.55	246.6	1.766

表明,大豆—根瘤菌—菌根菌联合共生效应最佳。接种根瘤菌可提高植株和籽粒全 N%和全株含氮量、接种菌根菌对提高植株和籽粒 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和全株含磷量有明显作用。采用根瘤菌、菌根菌双接种,可获得最高的生物产量和籽粒产量,全 N%和全 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>%均比 CK 明显提高,对改善大豆品质有重要作用。表 5 为 1990 年驻马店地区中豆 14—61A76 根瘤菌—*Glomus mosseae* 菌根菌最佳联合共生体田间共生效应试验结果,亩产达 200kg,比 CK 提高 17.8%,株粒数、分枝数、成荚数分别提高 19%、12%、15%,达到显著水平。1990 年驻马店地区近千亩高产试验田推广应用最佳共生体和优化栽培技术,平均亩产达 150kg,其

中 180 亩高产示范田平均亩产 179.3kg, 比对照田增产 43.2%, 比前三年平均产量增产 88.4%。1991 年继续推广中豆 19 与 61A76、113-2 根瘤菌最佳共生体 5500 亩。

表 5 中豆 14 接种根瘤菌、菌根菌田间共生效应

Table 5 The effects of inoculating soybean Zhongdou 14 with rhizobia and mycorrhiza fungi in the field

项 目 处 理 Treatment	分枝数 No. of branch	荚数 No. of pods/plant	株粒数 No. of seeds/ plant	百粒重 g Seeds weight/100	全 N % Total content(%)	全 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content (%)	产量 kg/亩 Yield (kg/mu)	蛋白质含量 % Protein content (%)
CK	2.6	35.1	67.7	18.7	4.49	0.808	169.7	44.57
61A76	2.6	36.3	70.2	18.8	4.82	0.931	180.1	45.56
G. mosseae	2.6	39.5	71.6	18.3	4.36	0.853	181.6	43.13
61A76+mosseae	2.9	41.6	73.0	18.8	4.20	1.029	200.0**	43.58

3. 经对盆栽土壤有效磷分析和考种调查, 在土壤未经高压灭菌情况下, 接种菌根菌的处理(实际是优良菌根菌株+土著菌根菌)与未接种菌根菌的 CK 处理(实际有土著菌根菌)相比较, 花期、结荚期生物产量和成熟期籽粒产量分别增加 11.76%、8.81% 和 9.48%, 土壤有效磷花期提高 11.96%, 成熟期提高 2.58%; 土壤菌根菌孢子数花期提高 72.9%, 结荚期提高 30.8%。结果表明不同生育期豆株生物产量、籽粒产量、全磷含量均与菌根菌侵染明显相关见表 6。

表 6 接种菌根菌对产量、土壤有效磷及土壤中菌根菌孢子数的影响

Table 6 The effect of inoculation with mycorrhiza fungi on soybean yield, effective P and number of fungus spores in soil

项 目 处 理 Treatment	花 期 Flowering			结 荚 期 Podding			成 熟 期 Maturing	
	生物产量 克/株 Biological yield (g/plant)	土壤有效磷 含量 ppm Effective P content in soil(ppm)	土壤菌根菌 孢子数 50g 土 No. of fungus spore per 50g soil	生物产量 克/株 Biological yield (g/plant)	土壤有效磷 含量 ppm Effective P content in soil(ppm)	土壤菌根菌 孢子数 50g 土 No. of fungus spore per 50g soil	籽粒产量 克/株 Seed yield g/plant	土壤有效磷 含量 ppm Effective P content in soil(ppm)
CK	27.2	22.262	73.6	131.6	14.58	107	9.81	12.936
菌根菌	30.4	24.925	127.3	143.2	14.55	140	10.74	13.270
比 CK %	11.76	11.96	72.9	8.81		30.8	9.48	2.58

## 小结与讨论

1. 经四年试验研究, 鲁豆 2 号-2048 根瘤菌-*Glomus epigaeum* 菌根菌、中豆 19-113-2 根瘤菌-*Glomus mosseae* 菌根菌和中豆 14-61A76 根瘤菌-*Glomus mosseae* 菌根菌三个联合共生组合是筛选出分别适宜山东巨野地区和河南驻马店地区的高产高蛋白夏大

豆、高效固氮根瘤菌,和解磷吸收功能强的菌根菌最佳联合共生体。试验结果启示我们,不同生态地区应筛选适宜本地区的最佳共生体和最佳联合共生体,在大豆育种中同时也应考虑选择相应的根瘤菌和菌根菌与之共生。为生产提供大豆—根瘤菌—菌根菌最佳联合共生组合。

2. 接种根瘤菌可以改善大豆氮素营养,增加大豆产量、提高蛋白质含量和蛋白产量,接种菌根菌可以改善大豆磷素营养、提高大豆吸收磷肥功能。本组在接种菌根菌的盆栽试验中,不仅提高了生物产量、籽粒产量和植株全  $P_2O_5$  含量,而且增加了土壤有效磷浓度,这在农业生产中意义重大。因土壤中磷素大部分呈作物不可利用的难溶性磷的形式存在<sup>[6]</sup>,对菌根菌有无解磷功能研究,学者意见不一<sup>[3,7]</sup>,有待进一步深入研究。

3. 鉴于菌根真菌目前尚不能纯培养,只能依靠中间宿主根的生长来繁殖,因此,大田推广应用菌根菌技术受到限制,目前采用甲醛消毒土壤的方法简便易行<sup>[8]</sup>,这为菌根菌接种物的繁殖生产提供了方便。但仍有待于进行大面积田间试验,做出使用菌根菌的成本利润分析。

## 参 考 文 献

- [1] 常从云等,1989,《大豆科学》,4期
- [2] 常从云等,1990,《大豆科学》,3期
- [3] 汪洪纲等,1987,农业新技术革命,农业出版社
- [4] 汪恩涛译,1987,《新疆农业科学》,1期
- [5] 葛诚,1987,《微生物学报》,2期
- [6] 汤凤同等,1983,肥料,吉林人民出版社
- [7] 黄波,1987,《台湾农业情况》,1期
- [8] 张玲等,1990,《土壤肥料》,6期

## STUDIES ON SELECTION OF THE BEST SYMBIOTIC SYSTEM OF HIGH YIELDING AND HIGH PROTEIN CONTENT SOYBEAN, HIGH EFFICIENT N FIXATION *RHIZEBIUM* AND *MYCORRHIZA* FUNGUS

Chang Congyun Lu Zenghui Dai Shujue Zhao Changjun

(Institute of Crop Breeding and Cultivation, CAAS)

Guo Dingxin

(Seeding—growing Station of Zhumadian Region, Henan Province)

### Abstract

In order to get a best symbiotic system of soybean, *rhizobium* and *mycorrhiza* fungus, the four years experiments were conducted: 18 high yielding and high protein content summer—sown soybean varieties suitable to grow in the area of Yellow River and Huaihe River were selected to inoculate with 8 high efficient *rhizobium* strains respectively. From combinations above, the best

one for symbiosis was selected as the material to make the best symbiotic system of soybean, *rhizobium* and *mycorrhiza* fungus by inoculation with *mycorrhiza* fungi. The best symbiotic systems selected were confirmed through the preliminary scanning in pot experiments and the field identification on symbiosis.

The results indicated that *rhizobium* 113-2 and 2048 were better than others tested in broad-spectrum affinity and high symbiotic N fixation. Various soybean varieties showed a different adaptability to *rhizobia*. Approximately the same adaptability was found among the similar genotypes. The improvements of biological yield, grain yield and protein content could be by the inoculation with *rhizobia*, while that of P absorption and P content in soybean plant with *mycorrhiza* fungi. The benefit would be much better when both of them were inoculated at the same time. The best symbiotic systems "Soybean Ludou 2—*rhizobium* 2048—*mycorrhiza* fungus *G. epigaeum*" and "Soybean Zhongdou 14—*Rhizobium* 61A76—*mycorrhiza* fungus *G. mosseae*" were selected as the suitable to grow in Juye, Shangdong Province and Zhumadian, Henan Province respectively. Both system were beneficial to high yield, high protein content, high N fixation efficiency and strong P decomposition. For instance, the application of the second system was able to increase 20% of N fixed symbiotically, 17.8% of soybean yield and 33.8% of protein yield respectively in the field symbiotic experiments.

Key words summer-sown soybean; *rhizobium*; *mycorrhiza* fungus; symbiotic system

### 欢迎订阅 1993 年《中国农业文摘——植物保护》

本刊是全国农业科技文献检索刊物,1985 年 2 月创刊。它收集报道了国内 300 余种刊物中有关植物保护学发展水平、动态、趋势和最新成就。内容包括:粮食作物、经济作物、园艺作物和桑树病虫害,储粮病虫害、鸟兽害、生物防治、农药、杂草、病虫分类与分布、植保机械等。本刊是植物保护科研人员、基层植保工作者、农业院校植保系师生不可缺少的参考资料。

本刊为公开发行,双月刊,16 开本,72 页,每期报道 400 余条,年终附年度主题索引,定价 3.50 元,全年 21.00 元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号 18-82,欢迎单位和个人订阅。

### 科技致富的金钥匙——《农业科技通讯》

《农业科技通讯》是国内最高农业科研机构中国农业科学院主办的中央级农牧业综合性科技普及刊物。包括商品生产信息、农业部推荐成果、粮经、园艺、水产养殖、加工贮藏、畜牧兽医、植保、名优品种和国外新技术等。

《农业科技通讯》为月刊,国内外公开发行,各地邮局征订,邮发代号 2-602。每期定价 1.50 元,全年定价 18 元。