

# 生态环境对根瘤菌竞争结瘤影响的研究进展<sup>\*</sup>

何庆元 胡 艳 王永雄<sup>\*\*</sup>

(西南农业大学牧草与草食家畜重点实验室, 重庆 400716)

**摘要** 影响根瘤菌竞争结瘤能力的生态因素有土壤条件, 肥力水平, 土著根瘤菌的数量和类型, 其它微生物, 根瘤菌的接种方式和时间等。在土壤条件方面研究较多的是土壤类型、pH 值。肥力水平主要指氮水平和有机质含量。

**关键词** 根瘤菌; 竞争结瘤; 生态环境; 土壤

中图分类号 S 154.38<sup>+1</sup> 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2004)01-0066-05

目前根瘤菌剂接种豆科作物是一项普遍推广的农业技术, 已成功应用在: 1) 引进栽培豆科作物的地区; 2) 第一次播种的地区; 3) 一年生的豆科作物与其它作物间、套、混、轮作时土壤中根瘤菌数明显下降的情况下。但在多年种植的豆科植物的土壤上, 其效果不理想<sup>[1,2]</sup>。迄今为止还没有发现一种在竞争结瘤方面超过土著根瘤菌的根瘤菌<sup>[3]</sup>, 据分析, 接种效果不佳的原因是土壤中含有大量固氮效率差别极大的土著根瘤菌群体, 干扰和降低了接种根瘤菌的占瘤率, 致使接种根瘤菌剂的增产效果不显著。影响竞争结瘤的因素很多, 概括起来有三大类, 即生态环境、根瘤菌本身的遗传特性和寄主基因。

占瘤率或结瘤率是衡量竞争结瘤能力的数量指标, 它是指某一根瘤菌的结瘤数占总瘤数的百分率。根瘤菌本身的遗传特性和寄主的基因型对竞争结瘤的影响前人已做了很多工作<sup>[4-8]</sup>; 而生态环境对竞争结瘤的影响研究较少, 但生态环境不仅直接影响竞争结瘤, 而且它还能通过对根瘤菌和寄主植物基因型的选择间接影响根瘤菌的竞争结瘤。本文将简介环境因素对根瘤菌竞争结瘤影响的研究进展。影响竞争结瘤的生态环境主要有土壤条件、肥力水平、土著根瘤菌群体类型和数量以及异类微生物。

## 1 土壤条件

土壤本身是一个复杂的生态系统, 土壤的类型、

pH 值以及其它理化性质都能影响根瘤菌的竞争结瘤能力。在这方面的研究虽然较多, 但得出的结论还不尽相同, 有待进一步研究。

### 1.1 土壤类型

Hurse 和 Date 研究表明从一种特殊的土壤中分离获得的菌株在接种到其它不同类型的土壤中往往不成功<sup>[9]</sup>。但也有研究表明, 土壤类型对于 3 株 *B. Rhizobium* 的田间占瘤率没有重要影响<sup>[10]</sup>。导致这两种结果的原因可能是土壤中较低的氮素水平能够提高接种剂的成功率<sup>[11]</sup>。土著菌和接种菌在不同的土壤中的生存和定殖能力不同<sup>[12-16]</sup>, 窦新田等从四份土样中分离根瘤菌, 结果以草甸土、暗棕壤和黑土中分离出的根瘤菌较多, 而白浆土中分离出的根瘤菌较少, 表明不同土类中土著大豆根瘤菌的数量分布有一定的差异<sup>[14]</sup>。并且在不同土壤上的竞争结瘤能力不一样<sup>[16]</sup>。土壤理化性质同接种菌株的有效性存在一定的相关性<sup>[17]</sup>, 而土壤中土著根瘤菌数量分布对接种菌株的侵染结瘤有显著的制约作用<sup>[18]</sup>。土著根瘤菌定殖能力的不同, 一致的原因是因为土壤的肥力的差异, 而前作作物对土著菌在土壤中的数量的影响说法不一<sup>[14]</sup>, 导致不一致的原因, 还待进一步研究。Beneem 等采用两种含土著菌的 Waseca 土壤和 wanegan 土壤, 在栽种大豆上接种大豆根瘤菌 USDA123 和 USDA110, 结果表明 USDA123 在这两种土壤的占瘤率分别为 69% 和 24%, USDA110 的占瘤率分别为 2% 和 12%。Moawad 等

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2003-09-17

项目基金: 国家“973”计划资助项目(2001CB108905); 国家 863 计划资助项目(No. 2001AA 241164)

<sup>\*\*</sup> 通信作者; E-mail: yuj8@sina.com.cn

作者简介: 何庆元(1978-), 男, 在读研究生, 从事植物与微生物互作, 固氮研究。E-mail: heqingyuan2@tom.com

观察发现在两种热带土壤中找到银合欢的不同菌株之间的竞争结瘤能力不同<sup>[19]</sup>。这些研究都表明土壤类型不仅影响接种菌株与土著菌株之间的竞争,而且影响不同接种菌株间的竞争。

## 1.2 土壤 pH 值

土壤 pH 值对根瘤菌竞争结瘤能力的影响通常与钙、钼、铝和锰联系在一起, pH 低, 前两种元素一般不足, 而后两者则可能达到中毒的浓度, 这些因素都影响根瘤菌在土壤中定殖和结瘤作用<sup>[20, 21]</sup>。土壤 pH 值影响土著 *B. japonicum* 的生存和分布<sup>[22]</sup>。Damirgri 等的研究表明在栽种大豆的 Iowa 土壤中, pH 为 7.5 或稍低的情况下, 血清型 123 的竞争结瘤能力最强, 而 pH 高于 7.8 时, 血清型 135 竞争结瘤能力最强<sup>[23]</sup>。Vargas 和 Graham 研究了沙培条件下 pH 对菜豆根瘤菌竞争结瘤能力的影响。对耐酸菌株 CIAT899 与对酸敏感菌株 CIAT632 比较, CIAT899 在 pH 为 4.5、5.0、5.5 和 6.0 条件下在 6 个菜豆品种上的占瘤率绝对值都高, 但当 pH 从 4.5 升高到 5.5 时, CIAT632 的占瘤率有显著增加<sup>[24]</sup>。杨江科等以黑农 33 和 Williams 为寄主植物时, 发现随 pH 值逐渐升高, 费氏中华根瘤菌的占瘤率增大, 大豆慢生根瘤菌占瘤率逐渐降低; 反之, 大豆慢生根瘤菌占瘤率增加, 而费氏根瘤菌占瘤率减少; 并且得出在不同寄主植物上, 不同来源的根瘤菌对 pH 的敏感程度不同。根瘤菌在不同 pH 值下, 竞争结瘤能力不同的原因可能是由根瘤菌产酸或产碱的生理特性所决定的, 同时, 在一定程度上受到菌株的来源、各菌株之间以及菌株与寄主间的相互作用影响<sup>[25]</sup>。已有研究表明有个别菌株在 pH 值 4.6 时也能正常结瘤, 因此筛选出耐酸性的根瘤菌是在酸性土壤中成功接种的关键。

## 1.3 土壤的其它理化性质

影响根瘤菌的竞争结瘤能力的土壤理化性质还很多, 包括土壤的保温性、持水性、通气性等。不同根瘤菌株对温度和湿度的敏感性不同<sup>[26]</sup>, 其中 *B. japonicum* 对温度很敏感, 以 USDA 123 对温度最为敏感<sup>[7]</sup>, 所以在不同保温能力的土壤中各根瘤菌在不同土壤中的竞争结瘤能力不同, 从何种温度地区分离的根瘤菌在该种温度时的竞争结瘤能力强。Olsen 等研究两种苜蓿根瘤菌的侵染模式时, 表明根温愈低, 双侵染率愈高, 如 7 °C 时双侵染率为 66%, 12 °C 时 38%, 21 °C 时 10%<sup>[27]</sup>。Boughley 等得出大豆根瘤菌 CBI809 在马来西亚占瘤率最高的根温是 24 °C<sup>[28]</sup>。Kvlen 等发现, 接种菌的接种量对其占瘤

率的影响受土壤表面温度的制约。在土壤表面温度为 30 °C 时, 接种的大豆根瘤菌占瘤率最高, 当低于 20 °C 时, 在最高接种量情况下, 接种菌也未超过土著菌的占瘤率<sup>[29]</sup>。

土壤的持水性和通气性通常联系在一起对根瘤菌的竞争结瘤能力产生影响。土壤粘重、通气性差对菌的存活和寄主生长都不利<sup>[30]</sup>, 但李新民等研究表明质地较为粘重的白浆土和盐碱土中菌数高于质地较轻的风沙土<sup>[31]</sup>。两种不同的结果可能是因为土壤中存在一些产毒真菌, 对根瘤菌有毒害作用, 而粘土矿物具有保护根瘤菌不受产毒素真菌影响的作用<sup>[6]</sup>。

## 2 肥力水平

影响根瘤菌的竞争结瘤能力的肥力水平方面研究较多的是氮水平。胡振宇等研究快生型花生根瘤菌与土著菌间的竞争结瘤能力时发现, 土著菌数与土壤有机质、土壤全氮和土壤速效氮呈极显著正相关, 同时发现各接种菌株在低肥力土壤上的占瘤率高于高肥力土壤<sup>[15]</sup>。李新民等的研究也表明, 在不同肥力的土壤上, 土著菌的生存和定殖能力不同, 并且接种菌在不同肥力的土壤上的占瘤率也不同, 在高肥力的土壤上, 接种菌的占瘤率低, 在低肥力的土壤上, 接种菌的占瘤率高<sup>[19]</sup>。窦新田等研究也表明土壤速效氮与大豆根瘤菌接种菌株有效性呈显著的负相关 ( $r = -0.5876$ )<sup>[31]</sup>。沈辉等对一株基因工程改造的菌株 NH32 田间竞争结瘤能力进行研究表明施 3 kg/667 m<sup>2</sup> 尿素最适于 HN32 菌株结瘤的氮肥条件, 能显著提高该菌株的占瘤率; 其余几种氮肥条件下, HN32 菌株的占瘤率没有显著变化<sup>[32]</sup>。G. H. Heichel 和 C. P. Vance 研究 5 个菌株在不同氮水平下的表现时, 表明硝态氮在 0-10 μg/ml 时, 除 104A13 外, 其它菌株的结瘤率都增加, 而在高氮水平下, 结瘤率通常降低<sup>[33]</sup>。这些研究都表明各菌株在不同的肥力水平下表现出的竞争结瘤能力不一样。

土壤中其它营养元素同样可以影响根瘤菌的竞争结瘤能力, 磷可以刺激根瘤菌繁殖, 而且会促进根瘤菌的鞭毛运动, 以致使根瘤菌易侵入根毛内部。钙能促进根瘤菌的繁殖。还有其它一些营养元素如: 钼、铁和锰等都对根瘤菌的竞争结瘤能力产生一定的影响。

### 3 土著根瘤菌群体数量和类型

土壤中存在大量种类和数量不同的土著根瘤菌,它们能有效地利用有限的碳源,在结瘤竞争中处于优势地位<sup>[42]</sup>。L. R. Barran 等认为在一定程度上,在严格数量范围内,即使是相当小的根瘤菌群体,想接种上接种菌株,仍然有一定的障碍。Brockwell 等研究表明在土壤中有 103 个根瘤菌/g 土(15cm 深)的作用超过了每粒苜蓿种子有  $2 \times 10^4$  个根瘤菌的作用<sup>[34]</sup>。Theis 等研究表明当土壤中土著菌达到 50 个/g 土壤时就能减少了接种菌株的接种效果<sup>[35]</sup>。Weaver 等认为要使接种菌的占瘤率达到 50%,其接种菌在每粒种子表面的数量至少是土著菌的 1000 倍<sup>[12]</sup>。Kapusta 等在含土著大豆根瘤菌的试验田中进行试验也得出相同的结论<sup>[36]</sup>。李新民等研究也表明土壤土著大豆根瘤菌群体数量大,其接种菌的占瘤率低<sup>[19]</sup>。王福生等研究了接种量对大豆生长的影响,表明在田间当接种菌量加大到土著大豆根瘤菌 586 倍时,其种子产量显著增加,在盆栽时,只有当接种菌量高于土著菌数 1200 倍时,才能显著地提高大豆的结瘤数和植物干重<sup>[38]</sup>。

然而 Sigleton 等人(1986)的研究认为一旦土壤中土著根瘤菌的数量达到一定阈值时,有效的接种菌株并不能产生较大的作用,但土壤中土著根瘤菌的数量低于多少时,接种菌株才能占优势并没有明确的答案。张学江等研究花生根瘤菌数量效应与种床接种效果时,得出在土壤中土著根瘤菌数每克干土  $< 10^4$  的情况下,每粒种子接种量在  $10^6$  活菌数时达到最大结瘤数和固氮量,与接种  $10^9$  活菌数/粒种子的相近<sup>[38]</sup>。丁武等引入“土壤栽菌量”概念研究根瘤菌数量对竞争结瘤的影响,结果表明,在一定条件下的土壤具有确定的载菌量,生产中通过增加接种菌的接种量来提高占瘤率虽有一定效果,但这是有限度的。实际上,接种量高于土壤载菌量时,接种菌株数量不但不上升,相反一部分菌会死亡;在低于土壤载菌量时菌数虽会上升,但数量不会超过土壤能承受的载菌量<sup>[9]</sup>。因此,在含有土著菌的土壤上,确定接种菌的量是成功接种的第一步。

土著菌种类不同,与接种菌的竞争结瘤能力也同<sup>[39,40]</sup>。因此要成功接种必须针对当地土著菌种类,筛选出竞争结瘤能力强的接种菌。

### 4 异类微生物

某些不结瘤的微生物占据结瘤位点,阻碍根瘤菌在豆科植物上形成根瘤。缪礼鸿等的研究表明,*B. japonicum* 2 个不同血清型的菌株 123 和 138 之间的竞争结瘤能力在灭菌的土壤和不灭菌的土壤条件下的试验结果完全相反,这说明了土壤中存在影响竞争结瘤的大量微生物<sup>[41]</sup>。真菌、病毒病原体和线虫对菌株的竞争结瘤能力都有影响。土壤中的异类微生物可能通过抑制根瘤菌而直接影响结瘤,如某些 *Azospirillum* 能够阻碍 *R. leguminosarum* bv. *trifolii* 在三叶草上的结瘤。也有相反情况的报道,大豆因接种大豆根瘤菌而减少被大雄疫霉 (*Phytophthora megasperma*) 感染,这被认为是根瘤菌寄生到真菌中所致。一般认为在土壤中的 17 种常见真菌是通过产生真菌毒素与根瘤菌相拮抗,其中绿色木霉对土壤中大豆根瘤菌种群有较明显的影响<sup>[42]</sup>。并且真菌毒素对各菌株的拮抗能力不同,因此,在存在真菌的土壤中,各菌株在寄主上表现出的竞争能力不同。土壤中还有一些微生物类群能分解有机物,提高土壤中的 C: N 比,从而改变各菌株的竞争结瘤能力<sup>[32]</sup>。还有一些不结瘤的根瘤菌株有阻碍接种菌的结瘤作用,如在某些大豆和豌豆品种上结瘤的根瘤菌受到不结瘤的 *B. japonicum* 和 *R. leguminosarum* bv. *viciae* 菌株的阻碍<sup>[7]</sup>。

但 David S. Heron 和 Steven G. Puoppke 对大豆根瘤菌株和栽培品种相互的结瘤调控的研究时发现在菌株 USDA257 和 USDA191 同时接种时,这两个菌株都可在 McCall 上结瘤,但当在 USDA191 的无菌滤液中加入 USDA257 菌株接种时,USDA257 在 McCall 上不能结瘤<sup>[43]</sup>。这说明了某些根瘤菌株能促进其它根瘤菌在寄主上结瘤作用。

### 5 其它因素

影响根瘤菌竞争结瘤能力的因素还有很多,如接种方式、接种时间、寄主的病虫害和一些农业措施等。根瘤菌的接种方式能够影响接种菌株的占瘤率,沈辉等研究表明 HN32 菌株直接拌种方式比喷施以及其它物质一起拌种的接种方式占瘤率高<sup>[32]</sup>。张学江等研究花生根瘤菌接种方式对接种菌的效果发现种床接种和直接拌种在河北和浙江两年 3 点平均产量结果相近,二者均比种衣接种显著增产,只有在辽宁 3 种接种方式差异不显著<sup>[38]</sup>。在其它豆科植物接种时也有同样的结果。目前认为根瘤菌的接种方式以种床接种,客土拌种的方式较好<sup>[30]</sup>,因为

它可以有限地占据结瘤位点, 使接种菌株优先结瘤。接种时间同样影响根瘤菌的竞争结瘤, 在多年生豆科植物上, 接种菌株第二年的占瘤率一般都比第一年低, 这是由于接种菌株不易在土壤中定殖, 随根瘤的脱落, 接种菌的占瘤率降低<sup>[44]</sup>。但如果连续接种 4 年后, 接种菌株在当地土壤中定殖, 成为优势菌株, 占瘤率显示出优势。这表明要使接种菌株成为结瘤优势菌株, 需要在土壤中经历一个长时间的积累过程<sup>[45]</sup>。

一旦寄主遭受病虫害, 各菌株间的竞争结瘤能力也将受到影响。农药化肥的使用, 各种杀菌剂、除草剂和其它化合物的使用、豆科作物的前作作物和种植季节等都将影响到根瘤菌的竞争结瘤能力。

## 参 考 文 献

- Bottomley, P. J Ecology of Bradyrhizobium and Rhizobium In: Stacey, G., Burns R. H. and Evans H. J. (eds) Biological Nitrogen Fixation [ R ]. Chapman and Hall, New York, 1992. : 293—347.
- Lia T. A. Symbiotic specialization in pea plants; plants; the Requirement of specific Rhizobium strains for peas [ J ]. Afghanistan Annals of Applied Biology, 1978, 88: 462—465.
- 李阜棣, 胡正嘉主编.《微生物学》[ M ]. 第五版. 北京: 中国农业出版社, 2000 年 7 月.
- 樊妙姬, 马庆生. 根瘤菌竞争结瘤的研究进展 [ J ]. 微生物通报, 1996, 23(6): 360—363.
- 樊妙姬, 李正文, 韦莉莉. 根瘤菌结瘤基因的表达调控研究概况 [ J ]. 广西农业生物科学, 1999, 18(2): 147—152.
- 丁武. 影响根瘤菌竞争结瘤的生态学因素分析 [ J ]. 生态学杂志 1992, 11(4): 50—54.
- 缪礼鸿, 周俊初. 根瘤菌竞争结瘤的研究进展 [ J ]. 华中农业大学学报, 2003, 22(1): 84—89.
- Li Youguo, Zhou Junchu. Influence of introduced EXtra nifA Gene on Rhizosphere colonization and Competition for Nodule Occupancy by Sinorhizobium fredii Strain HN01N [ J ]. 华中农业大学学报, 2000, 19, (3): 198—203.
- Hurse LS, Date RA. Competitiveness of indigenous strains of Bradyrhizobium on Desmodium intortum cv Greenleaf on three soils of South East Queensland [ J ]. Soil Biol Biochem, 1992, 24: 41—50.
- George T, Bohloul BB, Singleton P W. Bradyrhizobium japonicum environment interactions; nodulation and interstrain competition in soils along an elevational transect [ J ]. Appl Environ Microbiol, 1987, 53: 1113—1117.
- Bushby HVA. Colonization of rhizospheres by Bradyrhizobium sp. in relation to strain persistence and nodulation of some pasture legumes [ J ]. Soil Biochem. 1993, 25: 597—605.
- Weaver R. W., Frederick L. R., Dumeril L. C. Effect of soybean cropping and soil properties on number of rhizobium japonicum in Iowa Soils [ J ]. Soil Science, 1972(114), 137—141.
- 李新民, 窦新田, 刘庆学, 等. 黑龙江省土著大豆根瘤菌数量分布及接种菌在土壤中生存在定殖能力的研究 [ J ]. 黑龙江农业科学, 1997, 5: 24—27.
- 窦新田, 李新民, 王玉峰, 等. 黑龙江省土著大豆根瘤菌的数量分布及共生结瘤特性 [ J ]. 土壤通报, 1997, 28(1): 44—45.
- 胡振宇, 黄怀琼, 刘世全. 快生型花生根瘤菌株与土著性根瘤菌竞争结瘤能力的探讨 [ J ]. 四川农业大学学报, 1994, 12: 12—18.
- 李新民, 谷思玉, 窦新田, 等. 不同土壤大豆接种根瘤菌剂反应的研究 [ J ]. 黑龙江农业科学, 1998, 4: 1—5.
- 窦新田, 程恒昌, 李树藩, 等. 大豆根瘤菌在黑龙江省接种效果与接种有效性的研究 [ J ]. 中国农业科学, 1989, 22(5): 62—70.
- Singleton P. W. Tavares J. W. Inoculation response of legumes in relation to the number and effectiveness of indigenous rhizobium populations [ J ]. Appl. Environ. Microbiol. 1986(51): 1013—1018.
- Renee M. Kossiak, B. Ben bohlood. Influence of environmental factors on interstrain competition in Rhizobium Japonicum [ J ]. Appl. Environ. Microbiol., 1985(May); 1128—1133.
- Janet I. Sprent 著 刘永定 译 固氮生物学 [ M ]. 北京: 农业出版社, 1985 年 10 月.
- A. K. Alva, D. G. Edwards C. J. Asher, et al. Effects of Acid Soil Infertility Factors on Growth and Nodulation of Soybean [ J ]. Agronomy Journal, 1987(79): 302—306.
- Lamabet Y, Ramon A, Bellogin, et al. Mutation in GDP-Fucose synthesis genes of sinorhizobium fredii alters Nod factors and significantly decrease competitiveness to nodulate soybeans [ J ]. Mol Plant—Microbe Interact, 1999, 12: 207—217.
- Damirgi, S. H. L. R. Frederick, I. C. Anderson. Serogroups of Rhizobium japonicum in soybean nodules as affected by soil types [ J ]. Agron. J., 59: 10—12, 1967.
- Vargas A A T, Graham P H. Cultivar and pH effects on competition for nodule sites between isolates of Rhizobium in beans [ J ]. Plant soil, 1989, 117: 195—200.
- 杨江科. pH 对土壤中土著快、慢生大豆根瘤菌结瘤的影响 [ J ]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 639—640.
- 陈因, 陈永滨, 唐锡华, 等编著.《生物固氮》[ M ]. 上海科技出版社 1985 年 8 月.
- Olsen, P. E. Book and Abstracts [ R ]. 10th North American Rhizobium Conference, 54, 1985.
- Roughley, R. J. Bromfield E. S. P. Pulver, E. L. et al. Competition between species of Rhizobium for nodulation of *Glycine max* [ J ]. Soil Biol. Biochem., 1980, 12: 467—470.
- Kvien, C. S. Effect of soil temperature and inoculum rate on recovery of three introduced strain of Rhizobium japonicum [ J ]. Agron. J., 1985, 77: 484—489.
- 窦新田编著.《生物固氮》[ M ]. 北京: 农业出版社, 1989 年 8 月.
- 沈辉, 周俊初, 吴魁斌, 等. 大豆根瘤菌基因工程菌株 NH32 田间竞争结瘤能力初报 [ J ]. 微生物学研究与应用 1993, 1: 15—18.
- G. H. heichel, C. P. Vance. Nitrate—N and Rhizobium strain roles in alfalfa seedling nodulation and growth [ J ]. Crop Science, 1979, Vol. 19, 7—8: 512—519.

- 33 Brockwell J., Roughley, R. J., Herridge, D. F. Population dynamics of *Rhizobium japonicum* strains used to inoculate three successive crops of soybean [J]. *Australian Journal of Agricultural Research* 1987, 38, 61—74.
- 34 Theis J. E., Singleton, P. W., Bohbol B. B. Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field grown legumes [J]. *Applied and Environmental Microbiology* 1991, 57, 29—37.
- 35 Kapusta, G. D. L. Row wenhost. Influence of inoculum size on *Rhizobium japonicum* sergroup distribution frequency in soybean nodules [J]. *Agron. J.* 1973, 65, 916—919.
- 36 王福生, 李泉棣, 陈华葵. 土壤中大豆根瘤菌之间竞争结瘤的研究 III 接种菌量对大豆生长的影响 [J]. *土壤学报*, 1989, 26(4): 388—392.
- 37 张学江, 姚瑞林, 江木兰. 花生根瘤菌数量效应与种床接种效果 [J]. *中国油料*, 1991, 2, 56—59.
- 38 宁国赞, 刘惠琴, 马晓彤. 中国豆科牧草根瘤菌资源的采集保藏及利用 [J]. *草地学报*, 1999, 6, 165—172.
- 39 关桂兰, 王卫卫, 杨玉锁. 新疆干旱地区根瘤菌资源研究 I. 根瘤菌种类及其共生固氮作用, *微生物学报*, 1991, 31(5): 356—404.
- 40 缪礼鸿, 周俊初, 郑惠芬. 费氏中华根瘤菌内源质粒和大豆品种对菌株竞争结瘤能力及固氮效率的影响 [J]. *中国农业科学*, 2002, 35(7): 802—808.
- 41 尤崇杓主编. *生物固氮* [M]. 北京: 科学出版社, 1987年11月.
- 42 David. S. Heron Steven. G. Puoppke. Regulation of Nodulation in the Soybean—*Rhizobium* Symbiosis strain and cultivar variability [J]. *Plant Physiol.* 1987, 84: 1391—1396.
- 43 Brockwell J. et al. *Advances in Nitrogen Fixation Research*, C. Veeger and W. E. Hewtoned., Martinus Nijhoff The Hague., 238, 1984.
- 44 Dunigan E. P. Bollich P. K., Jutchinson R. L. et al. Introduction and survival of an inoculant strain of *Rhizobium japonicum* in soil [J]. *Agron.* 1984, 76: 463—466.

## ADVANCE ON THE STUDY OF THE NODULATION COMPETITION OF *RHIZOBIUM* IN ENVIRONMENT

He Qingyuan Hu Yan Yu Yongxiong

(Key Laboratory of Pasture and Herbivore Southwest Agricultural University, Chongqing 400716)

**Abstract** Factors influencing on the ability of nodulation competition in environment includes soil conditions, level of fertility, the number and type of indigenous *rhizobium*, other microbes, manner and time of inoculated *rhizobium*, in addition to other factors. Mostly study of soil conditions influencing on the ability of nodulation competition focus in soil type and pH. Level of fertility includes level of nitrogen and content of organic. This paper would give a brief introduction on this area.

**Key words** *Rhizobium*; Nodulation competition; Environment; Soil