

# 阿拉善荒漠区豆科植物共生固氮资源初步研究

王卫卫, 胡正海

(西北大学 生命科学学院, 陕西 西安 710069)

**摘要:** 对阿拉善荒漠区不同生态条件下栽培与野生的 20 属 55 种豆科植物结瘤固氮状况进行了调查。新发现有 15 种豆科植物的结瘤状况是 Allen 文献中未见记载的, 该区豆科植物种的结瘤率为 94.8%, 其根瘤形态大多数为圆形、棒状、指状, 形态较为规则, 白色、黄色者居多。乙炔还原活力测定表明 24.6% 为无效根瘤, 乙炔还原活力小于  $1 \mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{h})$ , 占检测总数的 45.9%, 对阿拉善荒漠区固氮效率低下的原因进行了讨论。

**关键词:** 豆科植物; 根瘤; 共生固氮; 阿拉善荒漠

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)05-0030-04

中图分类号: S154.381

## Resource of Symbiotic Nitrogen Fixation of Legumes in Alashan Desert

WANG Wei-wei, HU Zheng-hai

(Institute of Life Science, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi Province, PRC)

**Abstract:** The nodulation and nitrogen fixation of major cultivated and wild legumes dispersed over 20 genera. There were 55 species be studied in Alashan desert region. Among them, 15 species have not been reported yet in Allen's "The Leguminoae". The results showed that 94.8% leguminous plants can nodulate in natural environment. The shapes of nodules of these plants were circular, ellipse or cudgel, and most of them were white, yellow and brown in color. There were 77 samples of nodules be detected with the method of acetylene reduction. There were 24.6% of these nodules samples be ineffective for nitrogen fixation. Activities of nitrogen fixation in nodules varied little, all of them were low, and 45.9% of them be under  $1 \mu\text{mol}/\text{g} \cdot \text{h} \text{C}_2\text{H}_4$ . The cause of low actions in Alashan desert region were discussed.

**Keywords:** legume; root nodule; symbiotic nitrogen fixation; Alashan desert

阿拉善荒漠区位于宁夏回族自治区中部以及甘肃省武威市以北的腾格里沙漠的一部分, 该区地貌为剥蚀低山、残丘、戈壁与沙漠相间分布, 具有典型的亚洲中部温带荒漠气候特征。其降水量由东部的 150 mm 减低至西部的 40 mm, 土壤为粉砂质钙土、固定风沙土、半固定风沙土。豆科植物在该区农业生产、土壤改良及防风固沙中起着十分重要的作用, 为充分开发这一部分植物的固氮资源, 1993—1996 年我们对以沙坡头为主的该区豆科植物结瘤固氮状况进行了调查, 并对影响豆科植物结瘤固氮特性的主要生态因素进行了分析, 发现该区豆科植物结瘤固氮具有其生态特点。

## 1 材料和方法

在豆科植物的适当生育期挖掘根瘤, 同时记录编号、时间、地点、生境、植被、土壤类型、水分条件等。

按上海植物生理研究所固氮研究室进行的峰高比法<sup>[1]</sup>测定乙炔还原活力。离体根瘤在取样后立即置于体积为 8 ml 密封的血清瓶中, 并用注射器注入 1 ml 乙炔, 自然保温 1~2 h, 抽 1 ml 气体注入另一支 8 ml 密封的血清瓶中, 测乙烯产生量。

植物标本按常规方法, 采集植物全部或主要部分编号, 再分类鉴定。

## 2 结果与分析

### 2.1 阿拉善荒漠区豆科植物根瘤形态特征

对阿拉善荒漠区民勤、中卫、沙坡头及包兰铁路沿线(穿越腾格里沙漠部分)栽培和野生的豆科植物 20 属 55 种进行了结瘤及固氮状况调查, 除花生 (*Arachis hypogaea*), 三刺皂荚 (*Gleditsia triacanthos*), 铃铛刺 (*Halimodendron halodendron*) 3 属 3 种外, 其余 17 属 52 种豆科植物均能自然结瘤, 种的

结瘤率为 94.5%。与 Allen<sup>[2]</sup>, 关桂兰<sup>[5]</sup> 等文献对照有 15 种为未记载的结瘤豆科植物(表 1)。

表 1 Allen 文献未记载的结瘤豆科植物

植物名称	生态条件	用途
刺叶锦鸡儿( <i>Caragana acanthophylla</i> )	沙丘	固沙, 牧草
川西锦鸡儿( <i>C. erinecla</i> )	干旱沙坡, 沙丘	固沙, 牧草
绢毛锦鸡儿( <i>C. hololence</i> )	干旱沙坡, 沙丘	固沙, 牧草
甘肃锦鸡儿( <i>C. kansuensis</i> )	干旱沙坡, 沙丘	固沙, 牧草
白皮锦鸡儿( <i>C. leucophloca</i> )	干旱沙坡, 沙丘	固沙, 牧草
甘蒙锦鸡儿( <i>C. opullus</i> )	沙丘	固沙
荒漠锦鸡儿( <i>C. roborovskyi</i> )	沙丘	固沙
红花锦鸡儿( <i>C. rosea</i> )	荒漠灌丛	固沙植物
狭叶锦鸡儿( <i>C. stenophylla</i> )	荒漠灌丛	固沙, 牧草
垫状锦鸡儿( <i>C. tibetica</i> )	荒漠沙丘	固沙, 牧草
粗毛甘草( <i>Glycyrrhiza</i> )	荒漠灌丛沙丘	药材, 固沙
腺荚甘草( <i>G. korinskii</i> )	荒漠灌丛沙丘	药材, 固沙
山竹岩黄芪( <i>Hedysarum fruticosum</i> )	沙丘坡地	固沙, 牧草
猫头刺( <i>Oxytropis aciphlla</i> )	山坡草地沙丘	固沙
无刺槐( <i>Sophora japonica var. nermis</i> )	庭院栽培	木材, 观赏

豆科植物通过根瘤素参与根瘤的形成, 根瘤发育的不同阶段, 根瘤素不同, 早期根瘤素一般在根瘤菌感染根毛到根瘤形成、固氮之前出现, 根据不同根瘤形态, 同一种早期根瘤素在圆形根瘤中瞬时表达, 而在长柱形根瘤中则持续表达<sup>[3]</sup>。阿拉善荒漠区豆科植物根瘤大多圆形, 也有棒状、指状等长柱形根瘤, 据推测其根瘤素也有多种形式, 对阿拉善荒漠区根瘤的早期根瘤素类型尚需进一步研究。

表 2 阿拉善荒漠区豆科植物根瘤状况

植物名称	根瘤形状	颜色	大小/mm	着生部位
沙冬青( <i>Ammopiptanthus mongelicus</i> )	圆形	白色	0.5~2.0	侧根, 须根
紫德槐( <i>Amorpha fruticosa</i> )	圆形	棕色	1.0~2.0	侧根
沙打旺( <i>Astragalus adsurgens</i> )	指状	粉红色	0.5~2.0	主、侧根
茧荚黄芪( <i>A. lehmannianus</i> )	棒状, 指状	粉红色	1.0~2.0	主、侧根
变异黄芪( <i>A. variabilis</i> )	长棒状	粉红色	0.5~2.0	侧根
刺叶锦鸡儿( <i>Caragana acanthophylla</i> )	棒状具分叉	粉红色	1.0~4.0	侧根
树锦鸡儿( <i>C. arborensis</i> )	圆形	黄色, 粉红色	0.5~2.0	侧根
川西锦鸡儿( <i>C. erinecea</i> )	棒状, 指状	粉红色	0.5~4.0	侧根
绢毛锦鸡儿( <i>C. hololence</i> )	圆形, 棒状	黄色	1.0~2.0	侧根
中间锦鸡儿( <i>C. intermedia</i> )	棒状	褐色	1.0~2.0	侧根
甘肃锦鸡儿( <i>C. kansuensis</i> )	棒状	粉红色	0.5~2.0	侧根
棕条锦鸡儿( <i>C. korshinskii</i> )	圆形	棕色	1.0	侧根
白皮锦鸡儿( <i>C. leucophloca</i> )	圆形	黄色	1.0~2.0	侧根
小叶锦鸡儿( <i>C. microphylla</i> )	圆形, 棒状	白色	0.5~4.0	侧根
甘蒙锦鸡儿( <i>C. opuleus</i> )	椭圆形	黄色	0.5~2.0	侧根
荒漠锦鸡儿( <i>C. roborovskyi</i> )	椭圆形	粉红色	0.5~3.0	侧根
红花锦鸡儿( <i>C. rosea</i> )	棒状	粉红色	1.0~5.0	侧根
锦鸡儿( <i>C. sinica</i> )	棒状	粉红色	0.5~3.0	侧根
狭叶锦鸡儿( <i>C. stenophylla</i> )	圆形	黄色	1.0~2.0	侧根
垫状锦鸡儿( <i>C. tibetica</i> )	指状, 棒状	粉红色	2.0	侧根
小冠花( <i>Coronilla emerus</i> )	棒状	粉红色, 灰白色	1.0~3.0	主、侧根
天叶豆( <i>Eremosparton songoricum</i> )	棒状	粉红色, 白色	2.0~4.0	侧根

阿拉善荒漠区根瘤形态为比较规则的圆形或棒状、指状, 这些特点与新疆干旱区豆科植物根瘤形态多为不规则而有较大区别<sup>[4]</sup>。该区根瘤大小一般为 0.5~4 mm, 且黄色、白色者居多, 仅少数一年生植物为粉红色, 着生部位多居于侧根或须根处, 主根处很少有瘤(表 2), 这些特点又与新疆干旱区豆科植物根瘤相类似<sup>[5]</sup>。豆科植物的不同生育期由于生态条件的变化其根瘤形态、颜色也有变化, 豆科植物根瘤的形态主要与植物有关, 并且同属不同种的根瘤形态往往是相似的, 表明豆科植物根瘤形态涉及植物的遗传因子<sup>[2]</sup>。一般认为, 具有固氮活性的有效根瘤较大, 由于有豆血红蛋白的存在而成粉红色, 这是进行固氮作用的必要条件, 但是我们在阿拉善荒漠区采集到的已处于花果期的根瘤呈粉红色者很少, 多数为白色、黄色或棕色, 尤其是生活在沙漠中的沙生植物, 因而无效根瘤较多。

## 2.2 阿拉善荒漠区豆科植物的固氮活性

对阿拉善荒漠区 52 种豆科植物根瘤 77 份样品进行了乙炔还原活性测定(表 3), 其中 24.6% 为无效根瘤, 即所测的乙炔还原活性为 0。不同种植物根瘤固氮活性相差不大, 一般固氮活力都较低, 乙炔还原活力小于 1  $\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{h})$ , 占检测总数的 45.3%, 而只有 11.5% 的豆科植物根瘤乙炔还原活力大于 1  $\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{h})$ , 这与新疆干旱区豆科植物根瘤乙炔还原活力比较相差较大<sup>[5]</sup>。

续表 2

植物名称	根瘤形状	颜色	大小/mm	着生部位
扁豆( <i>D. lablab</i> )	指状	粉红色	1.0~6.0	侧根
大豆( <i>Glycine max</i> )	圆形	黄白色	1.0~4.0	主、侧根
粗毛甘草( <i>Glycyrrhiza sp.</i> )	圆形	白色	0.5~1.0	侧根
光甘草( <i>G. glabra</i> )	圆形	黄白色	2.0	侧根
胀果甘草( <i>G. infrata</i> )	圆形	褐色	0.5~1.0	侧根
腺荚甘草( <i>G. korsninskii</i> )	圆形	黄白色	0.5~1.0	侧根
甜甘草( <i>G. uralensis</i> )	圆形	白色	0.5~1.5	侧根
山竹亚黄芪( <i>Hedysarum fruticosum</i> )	指状具分叉	粉红色	1.0~3.0	侧根
花棒( <i>H. scoparium</i> )	圆形	粉红色	1.0~3.0	侧根
两色胡枝子( <i>Lespedeza sp.</i> )	圆形	黄色, 白色	0.5~4.0	主、侧根
兴安胡枝子( <i>L. davurica</i> )	圆形	褐色, 白色	0.5~3.0	侧根
黄花苜蓿( <i>Medicago falcata</i> )	棒状, 指状	粉红色	0.5~1.0	主、侧根
天兰苜蓿( <i>M. lupulina</i> )	棒状	黄色	0.5~1.0	侧根
紫花苜蓿( <i>M. sativa</i> )	棒状	粉红色	0.5~1.0	主、侧根
白花草木樨( <i>Melilotus sp.</i> )	棒状, 指状	粉红色	1.0~2.0	主、侧根
黄花草木樨( <i>M. officinalis</i> )	指状	粉红色, 白色	0.5~2.5	主、侧根
草木樨( <i>M. suareolens</i> )	棒状, 指状	粉红色, 白色	1.0~3.0	主、侧根
猫头刺( <i>Oxytropis aciphilla</i> )	棒状	粉红色	0.5~1.0	侧根
小花棘豆( <i>O. glabra</i> )	棒状	粉红色	0.5~1.5	主、侧根
红花菜豆( <i>Phaseolus sp.</i> )	圆形	黄色	1.0~3.0	主、侧根
菜豆( <i>P. vulgaris sp.</i> )	圆形	白色	1.0~2.0	主、侧根
刺槐( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	圆形, 指状	黄色	0.5~7.0	侧、须根
苦豆子( <i>Sophora alopecuroides</i> )	指状, 圆形	黄色, 白色	0.5~1.0	侧根
苦参( <i>S. Haveacells</i> )	椭圆形, 指状	白色	1.0~2.0	侧根
槐( <i>S. japonica</i> )	指状	黄白色	0.5~7.0	须根
无刺槐( <i>S. japonica var. inermis</i> )	圆形	黄白色	0.5~4.0	须根
苦马豆( <i>Sphaerophysa salsula</i> )	指状	粉红色	1.0~4.0	侧根
披针叶黄华( <i>Thermopsis lanceolata</i> )	棒状	黄白色	3.0~5.0	侧根
蚕豆( <i>Vicia faba</i> )	长棒状	粉红色	1.0~5.0	主根
野豌豆( <i>Vicia sp.</i> )	指状	白色	1.0~3.0	主、侧根
窄叶野豌豆( <i>V. angustifolia</i> )	指状	粉红色	1.0~3.0	主、侧根

表 3 几种主要豆科植物乙炔还原活性

 $\mu\text{mol}(\text{g} \cdot \text{h})^{-1}$ 

植物名称	植物类型	生育期	乙炔还原活性
沙冬青( <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> )	灌木	生长期	0.06
沙打旺( <i>Astragalus adsurgens</i> )	多年生草本	生长期	0.66
川西锦鸡儿( <i>C. erinecla</i> )	灌木	结实期	0.12
甘肃锦鸡儿( <i>C. kansuensis</i> )	灌木	生长期	0.04
小叶锦鸡儿( <i>C. microphylla</i> )	灌木	结实期	1.69
甘蒙锦鸡儿( <i>C. opullus</i> )	灌木	结实期	0.03
红花锦鸡儿( <i>C. rosea</i> )	灌木	生长期	0.18
刺叶锦鸡儿( <i>Caragana acanthophylla</i> )	灌木	生长期	0.18
垫状锦鸡儿( <i>C. tibetica</i> )	灌木	开花期	1.27
小冠花( <i>Coronilla emerus</i> )	多年生草本	生长期	0.09
大豆( <i>Glycine max</i> )	一年生草本	生长期	4.54
胀果甘草( <i>G. infrata</i> )	多年生草本	结实期	0.11
花棒( <i>H. scoparium</i> )	灌木	生长期	0.34
两色胡枝子( <i>Lespedeza sp.</i> )	灌木	开花期	0.47
兴安胡枝子( <i>L. davurica</i> )	多年生草本	生长期	0.15
紫花苜蓿( <i>M. sativa</i> )	多年生草本	开花期	0.20
黄花苜蓿( <i>Medicago falcata</i> )	多年生草本	开花期	0.23

续表 3

植物名称	植物类型	生育期	乙炔还原活性
白花草木樨 ( <i>Melilotus sp.</i> )	多年生草本	开花期	0.02
草木樨 ( <i>M. suaareolens</i> )	多年生草本	生长期	3.41
红花菜豆 ( <i>Phaseolus sp.</i> )	一年生草本	开花期	0.12
菜豆 ( <i>P. vuigurus</i> )	一年生草本	开花期	0.88
刺槐 ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	乔木	结实期	6.53
苦豆子 ( <i>Sophora alopecuroides</i> )	多年生草本	结实期	0.02
槐 (幼) ( <i>S. japonica</i> )	一年生	生长期	0.02
国槐 ( <i>S. japonica</i> )	乔木	生长期	12.08
无刺槐 ( <i>S. japonica var inermis</i> )	乔木	结实期	5.90
蚕豆 ( <i>Vicia faba</i> )	一年生草本	结实期	2.18
野豌豆 ( <i>Vicia sp.</i> )	一年生草本	结实期	0.04

### 3 小结和讨论

氮是农作物生长必需的营养元素,在农业生产中,氮被视为衡量土壤养分状况及土壤肥力的一个重要指标。全球范围内每年输入陆地生态系统的总氮量约在  $2.0 \times 10^8$  t 左右,其中 70% 来自生物固氮。其中豆科植物与根瘤菌共生固氮的总量约占生物固氮量的 40%<sup>[2]</sup>,成为栽培地区与非栽培地区输入土壤系统氮素的主要来源之一,但目前利用豆科共生固氮的植物种类只占豆科植物种类的 1%。而其中只对 5% 的豆科植物做过调查。为此,阿拉善荒漠地区新发现的固氮豆科植物,无疑丰富了我国和世界固氮生物的种源。

影响豆科植物结瘤固氮的生态因素是十分复杂的,一种根瘤菌感染特定的植物形成根瘤,通过这一特异形态的共生结构二者充分协调,产生固氮功能。这是由根瘤菌和寄主植物两方面的遗传因素所决定的<sup>[2]</sup>,在阿拉善荒漠区采集的豆科植物根瘤样品中,大多是近期为防止该区风沙流动而从外地移植、引种而来的试验植物,引种时间长者 10 a 余,短者仅 2~ 3 a 时间,阿拉善荒漠区土壤中这些自然存在的根瘤菌株也有可能赶上了“错误的”寄主植物,以至未能发展为正常有效的共生体系,因而该区无效根瘤较多,共生固氮水平低下。此外,豆科植物结瘤及共生固氮效能与其生态环境密切相关。在干燥土壤中,由于缺少正常根毛而使感染受到限制,只有适宜的土壤水分才能发生结瘤与固氮现象,而阿拉善荒漠区每年降水量仅 150~ 40 mm,不能保证豆科植物适时和及时的水分需要,这可能是该区共生固氮效能低下的另一重要原因。

豆科植物共生固氮能提供豆科植物本身氮素营养和增强地力,干旱地区有些豆科植物可作为先锋植

物,是生态体系中提供有效氮的中心<sup>[2]</sup>。在阿拉善荒漠区 79 科植物中,豆科植物名列第四,在防风固沙、土壤改良方面起着重要的作用。在该区栽培的锦鸡儿 (*Caragana*) 一般为灌木、丛生,枝叶繁茂,根系发达,纵横交错,不论是固沙性能还是保持水土性能都很强。枝、叶、花、果实含有丰富的营养物质,种子含粗蛋白质 27.4%,含油率 13%,为优等饲料。该属植物根瘤棒状、长圆形,个大可达 5~ 12 mm,着生于侧根,其乙炔还原活性较高(表 3),有些种可在高温、干旱条件下结瘤、固氮<sup>[5]</sup>。此外,该区广泛分布的甘草 (*Glycyrrhiza*)、岩黄芪 (*Hedysarum*) 均为重要固沙先锋植物和优良树种,同时,也可用作绿肥、饲料和药材<sup>[5]</sup>。目前我国面临着大片土地荒漠化的危险,特别是西北地区,风沙大,干旱少雨,大量种植和培养旱生植物甚为重要。一些耐旱的豆科植物已在阿拉善荒漠区顽强地生存下来,逐步适应了恶劣的环境,已被根瘤菌侵染且具有固氮活性,这无疑是良好的自然资源,但这些豆科植物的共生体系和共生固氮效率尚有待完善和提高。

#### [参 考 文 献]

- [1] 中国科学院上海植物生理研究所固氮室. 共生固氮研究中乙炔还原测定峰高比法[J]. 植物学报, 1977, 16: 382—384.
- [2] Allen O N, Allen E K, The Leguminosae—A source Book of Characteristics, Uses and Nodulation[M]. The university of Wisconsin Press. 1981. 1—704.
- [3] Vincent J. H. A manual for the practical study of root-nodule bacteria[M]. Blackwell Scientific Publication. London: Oxford of Edinburgh. 1970. 128—214.
- [4] 关桂兰,李仲元,王卫卫. 新疆干旱区豆科植物结瘤固氮特性[J]. 植物生理学报, 1986, 12(4): 324—332.
- [5] 关桂兰,王卫卫,杨玉锁. 新疆干旱地区固氮生物资源[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 27—44.