

沙冬青植物群落特征及其根瘤多样性研究

何恒斌¹ 郝玉光² 丁 琼³ 贾桂霞¹

(1 北京林业大学林木花卉遗传育种教育部重点实验室 2 中国林业科学研究院沙漠实验中心 3 中国科学院植物研究所)

摘要:沙冬青是西北荒漠地区珍稀常绿阔叶灌木,该文在其分布区内,综合土壤、水分条件,选定宁夏中卫县沙坡头、内蒙古阿拉善左旗、内蒙古磴口县、内蒙古乌拉特后旗 4 个地区作为调查样区,研究了沙冬青植物群落和沙冬青根瘤的特征.结果表明:沙冬青植物群落组成较为丰富;因水分、土壤类型及地形差异,不同样区内沙冬青群落成分、结构有一定变化,水分是沙冬青植物群落的决定性生态因子;沙冬青根瘤的最佳采集时间是在结果期之前,根瘤的外部形态呈现多样性,不同样区根瘤的着生部位有差异;水分是根瘤菌感染沙冬青根系并形成根瘤的主要限制因子;沙冬青群落其他豆科植物的根瘤与沙冬青根瘤具有相似的外部形态.

关键词:沙冬青, 群落, 根瘤, 生态因子

中图分类号:S718.54⁺2;S718.52⁺1.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2006)04-0123-06

HE Heng-bin¹; HAO Yu-guang²; DING Qiong³; JIA Gui-xia¹. **Characteristics of plant community of *Ammopiptanthus mongolicus* and the diversity of its nodules.** *Journal of Beijing Forestry University* (2006) 28(4) 123-128 [Ch, 24 ref.]

1 Key Laboratory for Genetic and Breeding in Forest Trees and Ornamental Plants, Ministry of Education, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China;

2 Experiment Center of Desert, Chinese Academy of Forestry, Dengkou, 015200, P. R. China;

3 Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100093, P. R. China.

Ammopiptanthus mongolicus (Maxim.) Cheng f. is an endangered evergreen broadleaved plant in the northwest desert zone of China. Given soil, water and other ecological factors, the authors selected Shapotou area of Zhongwei County in Ningxia Hui Autonomous Region, Alxa Zuqi, Dengkou and Wulate houqi Counties of Inner Mongolia as our research regions, where we studied the characteristics of plant communities and nodules of *A. mongolicus*. The plant community was rich and the components and structures were varied in different research regions because of the diversity of ecological factors. Water was the decisive ecological factor influencing the components and structures of *A. mongolicus* plant communities. Nodules morphology of *A. mongolicus* was varied. The best time to collect nodules should be earlier than the fruiting stage of its host. Nodules were in different root parts at various research regions. Water was the primary ecological factor influencing the infection of rhizobia and the generation of nodules. Nodules isolated from other legumes had similar morphology with those of *A. mongolicus*.

Key words *Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim.) Cheng f., community, nodules, ecological factors

沙冬青 (*Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim.) Cheng f.) 是生长在西北荒漠地区的常绿阔叶灌木,为第三纪孑遗种.由于生境的变化和人类活动的干扰,其分布区域越来越小,处于濒危状态,被国家列为首批重点保护的珍稀濒危植物^[1].沙冬青是优良

的固沙植物,具有抗热、抗旱、抗寒、耐盐碱、耐贫瘠、耐沙埋、抗风蚀等特性^[2],且地上部分分枝多,冠幅较大,阻沙能力强.此外,还具有较高的园林应用价值,并可作为油料和药用资源.正因为这些优良特性,不少学者对沙冬青的植物群落、濒危原因、抗逆

收稿日期:2005-06-02

<http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30271075).

第一作者:何恒斌,硕士生.主要研究方向:园林植物与观赏园艺.电话:010-62391381 Email: hengbin1220@eyou.com 地址:100083 北京林业大学园林学院.

责任作者:贾桂霞,教授,博士生导师.主要研究方向:园林植物遗传育种.电话:010-82376017-604 Email: guixiajia@bjfu.edu.cn 地址:同上.

生理、生理生态、超微结构等方面做了大量的研究^[3-6].北京地区缺乏常绿阔叶有花植物,中国科学院植物所等科研单位和一些苗木公司都对沙冬青做过引种,但一直都为育苗、移栽成活率低等问题困扰;而北京地区夏季的湿热同期则是沙冬青引种过程中遇到的另一个主要问题^[7-10].野外调查结果表明,不同地区的沙冬青根系均能不同程度地结瘤.大量的研究证实,共生使其具有很强的抗逆能力^[5,11],有助于在贫瘠、干旱的土壤中生长;与此同时,这种共生关系也使豆科植物对根瘤菌产生了依赖性,一旦失去根瘤菌,豆科植物的抗逆性将大大下降.而新种植区的土壤中没有根瘤菌存在,因此,国际上公认新区种植豆科植物必须人工接种能够共生的根瘤菌.而在目前进行的引种和育苗工作中,均未把根瘤菌与沙冬青的生存和生长联系在一起.为充分了解沙冬青在原产地生长状况,为引种栽培提供依据,结合共生菌资源收集,在全面分析所选定采样区内已有的气象要素资料基础上,实地调查分析了沙冬青植物群落特征,并对沙冬青根系的结瘤状况和根瘤的形态多样性进行了初步研究.

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

沙冬青为亚洲中部荒漠特有种,分布范围介于37°~41°N、105°~108°E之间,以内蒙古阿拉善荒漠的东部和南部以及鄂尔多斯西部为中心,向南分布到甘肃省兰州北部的中条山附近,向北伸入到蒙古人民共和国荒漠南端阿拉善戈壁,最东分布点在鄂尔多斯高原中部苦水沟附近查布庙,最西点靠近额济纳的雅干低山丘陵前的干热河床上^[12].

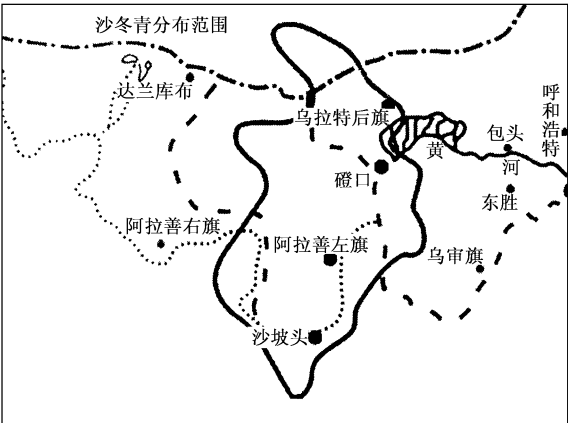


图1 西北荒漠地区沙冬青分布范围^[12]
(标记处为本研究选定样区)

FIGURE 1 Distribution of *A. mongolicus* in the desert region of northwest China

综合分布区内土壤、水分条件,选定宁夏中卫沙

坡头、内蒙古阿拉善左旗、内蒙古磴口、内蒙古乌拉特后旗(见图1)4个地区作为样区.

沙坡头地处宁夏自治区中卫县,地处腾格里沙漠东南缘,其地理位置为37°32'N、105°02'E,属于草原化荒漠地带,也是沙漠与绿洲的过渡带.年平均降水量为186.6 mm,主要集中在7—9月,年蒸发量达3 000 mm以上,年均相对湿度40%左右.土壤属于棕钙土地带,但分布有大面积风沙土.按中国植被区划系统,应划入“东部荒漠亚区,温带半灌木、灌木荒漠区”,本区既有荒漠、荒漠草原、草原带沙生植被和灌丛景观,又有沼泽、草甸景观.

阿拉善左旗地处内蒙古西部的阿拉善盟,位于阿拉善高原东端,地理位置37°24'~41°52'N、103°21'~106°51'E,地处草原化荒漠地带.年平均降水量112 mm,主要集中于6—9月,年蒸发量高于3 217.7 mm,年相对湿度低于40%.土壤以灰棕荒漠土分布最广.植被以旱生、超旱生和盐生的灌木、半灌木、小灌木为主.

磴口县隶属于内蒙古巴彦淖尔盟,处于著名的河套平原产粮灌溉区内,地理位置40°13'N、107°05'E.阴山山脉乌拉特山和狼山从西北横贯巴彦淖尔盟境内大部分地区,处于山南的磴口地区气候相对于干燥多风的山北地区较为温暖湿润.年平均降水量149.2 mm,年平均蒸发量2 380.6 mm,年平均相对湿度46%,地下水位较高.土壤区系处于荒漠土质向干旱草原的棕钙土区过渡范畴,属漠钙土带.有粉沙粘土和风沙土两种主要的土壤类型,属荒漠与干草原的过渡地带,荒漠植被占主导地位.

虎勒盖尔隶属于内蒙古巴彦淖尔盟乌拉特后旗乌力吉苏木,地理位置41°43'N、106°22'E,位于狼山以北.降水稀少,年平均降水量仅为98.8 mm,多集中于7—8月,年蒸发量为3 715.4 mm,年均相对湿度为39%.土壤类型主要有灰棕漠土和风沙土.属于亚非荒漠植物区—亚洲中部亚区—阿拉善荒漠植物省—东阿拉善州,植物区系成分以干旱地区的种类占主导地位,植被类型主要为荒漠草原和荒漠灌丛.

1.2 研究方法

在各样区内,根据土壤、地形等条件在样区内选取样点,对沙冬青植物群落进行实地调查,并于沙冬青开花期挖掘根瘤,进行形态多样性研究.记录采样时间、地点、植被、土壤类型、水分条件等,并按地名对样品进行编号.

2 结果与分析

2.1 不同分布区沙冬青植物群落特征

荒漠地区沙冬青群落植物种类组成比较丰富,

据中国科学院内蒙古、宁夏综合考察队(1985)统计,共有种子植物 23 科,51 属,70 种.最大的科是菊科(10 种),其次是禾本科(9 种),豆科(8 种)位居第 3.据不同样区调查结果显示,在群落结构上,沙冬青常与其他超旱生灌木白刺(*Nitraria tangutorum*)、霸王(*Zygophyllum xanthoxylon*)、四 合 木 (*Tetraena mongolica*)、柠条(*Caragana korshinskii*)等组成最上层;中层为小灌木,如猫头刺(*Oxytropis aciphylla*)、短脚锦鸡儿(*Caragana brachypoda*)、绵刺(*Potania mongolica*);下层为亚灌木的蒿类、戈壁短舌菊(*Brachanthemum gobicum*)、针茅(*Stipa capillata*)等多年生禾草和沙葱(*Allium mongolicum*)等其他草本植物.蒿类和禾草类较发达的沙冬青群落,在雨季和旱季群落外貌有明显变化,群落盖度波动较大.另外,因水分、土壤类型及地形差异,不同样区内沙冬青群落成分、结构有一定变化(见表 1).

对调查结果加以分析,可以得出以下结论:

1)群落的组成丰度与样区年均降水量成正相

关,群落随降水的减少而逐渐变得单调.年均降水量最多的沙坡头和磴口群落结构组成最丰富,与沙冬青共建构成群落的植物种类最丰富,伴生植物种类最多,草本层发育最好.而降水最少的乌拉特后旗,群落结构单调,几乎呈现沙冬青单一群落,草本层发育不明显.

2)构成沙冬青群落的植物生长量与样区内水分供应情况成正相关,群落的高度随降水的减少而逐渐降低.由于磴口县境内分布有黄河的主干和各级灌渠,地下水位很高,沙冬青高度可达 2 m 以上,而乌拉特后旗的沙冬青通常不超过 1 m;降水量最多的沙坡头地区,沙冬青冠幅可达 14 m,而乌拉特后旗的沙冬青最大也只有 5 m 左右.

3)建群植物与伴生植物物候期的早晚与样区的光照和温度成正相关.沙冬青的花期随纬度的升高而逐渐推后,花期最早的沙坡头可比乌拉特后旗提早 7~14 d.在沙坡头的草本层鲜花盛开的时候,乌拉特后旗几乎是一片荒芜.

表 1 不同样区中沙冬青群落类型
TABLE 1 Types of *A. mongolicum* communities in the study areas

样区编号	群落类型	主要伴生植物	地形及土壤
ZW001(中卫)	沙冬青+柠条-猫头刺-针茅	沙珍棘豆(<i>Oxytropis psammochairs</i>)、针茅、沙蒿(<i>Artemisia arenaria</i>)、马蔺(<i>Iris lacteal</i> var. <i>chinesis</i>)、狭叶锦鸡儿(<i>Caragana stenophylla</i>)、沙葱、沙芥(<i>Pugionim cornutum</i>)	低山坡地,红土质灰棕漠土
AZ002(阿拉善)	沙冬青+白刺	松叶猪毛菜(<i>Salsola laricifolia</i>)、绵刺(<i>Potania mingolica</i>)、短脚锦鸡儿、沙蒿、油蒿(<i>Artemisia ordosica</i>)、霸王、骆驼蓬(<i>Peganum harmala</i>)	平坦沙地,风沙土
AZ003(阿拉善)	沙冬青+霸王	绵刺、红砂(<i>Reaumuria soongorica</i>)、沙蒿、油蒿	低山残塬,红土质灰棕漠土
DK004(磴口)	沙冬青-油蒿	猪毛菜(<i>Salsola collina</i>)、四合木、马蔺、霸王	平坦风蚀沙地,风沙土夹粘土
DK005(磴口)	沙冬青+毛红柳(<i>Tamarix hispida</i>)	油蒿、苦豆子(<i>Sophora alopecuroides</i>)、猪毛菜、四合木、马蔺、霸王	盐渍化滩地,粗砾质风沙土
DK006(磴口)	沙冬青+梭梭(<i>Haloxylon ammodendron</i>)-油蒿	四合木、红砂、白刺、沙拐枣(<i>Calligonum mongolicum</i>)、短脚锦鸡儿	洪水冲积沟滩地,粉尘风沙土
WH007(乌后旗)	沙冬青+霸王	绵刺、蒙古扁桃(<i>Prunus mongolica</i>)、戈壁短舌菊	平坦石质滩地及沙丘,风沙土和红土质灰棕漠土

2.2 不同分布区沙冬青根系及根瘤的特征

采集根瘤的最佳时间是在结果期以前,即 4 月上旬到 5 月初,由南向北时间向后推延,最南和最北分布区物候相差达 7~10 d.7 月中旬、8 月中旬分别在阿拉善左旗和磴口样区内进行采集,均未能发现新鲜根瘤,仅在少数植株上发现少量的根瘤残体.各采样区的沙冬青根瘤集中分布在 20~40 cm 土层中.与此同时,对群落中其他豆科植物的根瘤也进行了调查,结果见表 2.

不同植株间结瘤位置和结瘤数量存在较大的差异,冠幅较大的老龄植株,根瘤生长在主、侧根直径

2 mm 以下的毛细根上;1~2 年生幼苗根瘤直接着生在幼嫩的主、侧根上.老龄植株根瘤量从无或仅有几个到上千个,而 1~2 年生幼苗几乎每一株都有根瘤着生.各植株所在局部范围内水分状况与根瘤产生与否密切相关,位于地势低凹处的丘壑、坡谷、冲积干河床附近植株较容易采集到根瘤,而相对于地势较高点的植株通常不能采到新鲜根瘤.天然更新的 1~2 年生幼苗也仅是在低凹处发生,地势相对较高点未见 1~2 年生幼苗产生,幼苗都是处于水分较好的局部地区,因而,幼苗上都能产生根瘤.这也可能与幼苗根系组织幼嫩容易侵入有关.

表 2 沙冬青及其伴生豆科植物根瘤的多样性

TABLE 2 Diversity of nodules in <i>A. mongolicus</i> and the accompanying legume family plants					
编号	根瘤形状	采样点编号	寄主名称	寄主所处生长阶段	根瘤着生部位
ZW2	圆形、棒状、乳白	ZW007	沙冬青	幼苗生长期	主根、侧根
ZW4	长圆、棒状、鹿角状、粉白	ZW007	沙冬青	开花期	毛细根
ZW5	球形、乳白	ZW007	沙冬青	开花期	毛细根
ZW7	棒状、鹿角状、乳白	ZW007	沙冬青	幼苗生长期	主根、侧根
ZW8	棒状、鹿角状、乳白	ZW007	沙冬青	幼苗生长期	主根、侧根
ZW9	棒状、鹿角状、乳白、褐色	ZW007	沙冬青	开花期	毛细根
ZW10	球形、棒状、鹿角状、乳白、褐色	ZW007	柠条	开花期	毛细根
ZW11	球形、鹿角状、乳白、粉红	ZW007	棘豆	开花期	毛细根
DK1	棒状、鹿角状、褐色	DK004	沙冬青	开花期	毛细根
DK2	球形、棒状、鹿角状、乳白、褐色	DK004	沙冬青	开花期	毛细根
DK3	棒状、鹿角状、乳白、褐色	DK004	沙冬青	开花期	毛细根
DK4	棒状、褐色	DK004	沙冬青	开花期	毛细根
DK5	棒状、鹿角状、乳白、褐色	DK003	沙冬青	开花期	毛细根
DK6	棒状、鹿角状、乳白、褐色	DK003	沙冬青	开花期	毛细根
DK8	球形、棒状、乳白、褐色	DK005	沙冬青	开花期	毛细根
WH1	棒状、鹿角状、褐色	WH006	沙冬青	开花期	毛细根
WH3	棒状、鹿角状、乳白、褐色	WH006	沙冬青	开花期	毛细根
WH4	棒状、鹿角状、褐色	WH006	沙冬青	开花期	毛细根
WH5	球形、乳白	WH006	沙冬青	幼苗生长期	主根、侧根
WH6	球形、乳白	WH006	沙冬青	幼苗生长期	主根、侧根
WH7	球形、粉白、褐色	WH006	狭叶锦鸡儿	花现蕾期	侧根
WH8	棒状、粉白、褐色	WH006	猫头刺	营养生长期	侧根
WH9	球形、棒状、粉白、褐色	WH006	柠条	营养生长期	主根、侧根

注:各种形状的根瘤规格分别为:圆形 0.9~1.2 mm×1.2~1.5 mm,棒状 1.0~1.8 mm×3.0~5.0 mm,鹿角状 1.2~2.0 mm×5~35 mm.

在不同样区的沙冬青根系上均有根瘤着生,说明根瘤菌对沙冬青的生长发育有重要作用.而不同样区的根瘤也有许多共性和不同.

1)沙冬青根瘤外部形态差异很大,大多呈棒状、球状或鹿角状;根瘤大小一般为 1~10 mm;乳白色者居多,褐色其次,仅有少数粉红色根瘤,这可能与干旱区的生态条件和寄主植物沙冬青为根瘤固氮抗逆能力提供的生理基础有关^[13].在后续的研究中,应对不同颜色和形态根瘤的固氮能力进行测定.

2)根瘤的着生部位在不同分布区有细微差别.在阿拉善和乌拉特后旗,根瘤主要着生在侧根和毛细根上;而在沙坡头和磴口,根瘤也主要着生于侧根和毛细根上,但有少数根瘤可以着生于较粗的侧根甚至主根上.这可能与不同分布区环境条件的差异有关.乌拉特后旗的降水、土壤条件等相对较为恶劣,根系开始木质化的时间较早而且木质化程度较高,从而阻滞了根瘤菌对沙冬青根系的侵染,因而根瘤主要着生于毛细根上,而在侧根上则没有,这都是沙冬青及其根瘤适应环境、自然选择的结果.

3)在沙冬青根瘤的采样过程中,同时对沙冬青植物群落的其他豆科植物的根系进行了采样.结果发现,柠条、狭叶锦鸡儿、猫头刺等灌木的根瘤以棒状和球状居多,少见鹿角状,颜色多为乳白色,而处于花期的草本根系上大多为粉红色,如棘豆等,大小也在 1~10 mm.沙冬青伴生豆科植物根系上根瘤与

沙冬青根瘤在外部形态上的相似,说明生态环境对豆科植物-根瘤菌共生体有重要的影响.

3 讨论与建议

沙冬青群落植物种类相对比较丰富,群落结构包括灌木层、亚灌木层和草本层.因水分、土壤类型及地形差异,不同样区内沙冬青群落成分、结构有一定变化.水分是沙冬青植物群落外貌的决定性生态因子,群落丰度、盖度及高度均与降水量成正相关.随降水的减少和地下水位的降低,群落逐渐变得单调,盖度变小,而群落也更趋于低矮.土壤的生境是影响沙冬青群落发育的另一重要生态因子.沙冬青分布区地带性土壤主要有阿拉善左旗和乌拉特后旗的灰棕荒漠土、沙坡头的棕钙土和磴口的过渡类型,非地带性土壤主要有乌拉特后旗的荒漠风沙土和磴口的盐土.根据相关报道^[14-16],土壤养分含量的大小顺序为:盐土>棕钙土>灰棕荒漠土>荒漠风沙土.而调查的群落高度表现为磴口>沙坡头>阿拉善左旗>乌拉特后旗,群落盖度表现为沙坡头>磴口>阿拉善左旗>乌拉特后旗,这与土壤养分含量的顺序基本一致.这说明,虽然沙冬青生长于干旱贫瘠的西北荒漠地区,但是一定的水分和土壤养分条件是维系其生长发育和群落多样性所必须的.

根瘤菌侵染豆科植物根系形成根瘤是一个十分复杂的过程,其中经历根瘤菌增殖对豆科植物根际

产生影响、互相识别、根毛弯曲、根瘤菌侵染形成侵染线等过程.可以结瘤的豆科植物没有形成根瘤可能与下列因素有关:①干旱、洪涝及落叶导致根瘤脱落;②不利的土壤类型、pH 及极端温度影响根瘤数量及根瘤形成;③土壤中缺乏相应的根瘤菌^[17].西北干旱的荒漠地带,远离海洋,降雨量少,蒸发强烈,气候干燥,热量资源丰富,可以说水分是根瘤菌能否侵染沙冬青的决定性生态因子.在调查和采样中我们发现,沙冬青的根瘤量随降水的减少而减少,结瘤量表现为沙坡头>磴口>阿拉善左旗>乌拉特后旗.而乌拉特后旗的调查结果也说明了这一点,只有在水分条件较好、由地表径流冲刷形成的冲积沟底和两旁滩地上的沙冬青根系中发现根瘤,而其他沙冬青的根系中没有或极少着生根瘤.沙冬青根系分布与所处地貌类型、土壤水分和紧实度、含盐量、pH 值均有一定的关系^[3,18].一般地貌部位相对较低,土壤含水量较高,土层较疏松的地区,沙冬青根系入土较浅,侧根发达.并以全盐量 800~1 100 mg/kg, pH 值 8.4~9.2 之间的根系发育最佳^[18].而这也是影响根瘤菌侵染沙冬青根系并形成根瘤的重要限制因子.

研究表明^[19],根瘤菌的寿命是有限的,多数人认为衰老的原因是寄主植物由营养生长转入生殖生长后养分分配的结果,大量的光合产物输送到生殖器官,根瘤得到的养分急剧减少,在这种情况下感染细胞退化,根瘤变为绿褐色.细胞内容物减退,细胞杀死可被自生的根瘤菌侵占,然后这些根瘤菌又被植物溶酶体杀死.由此可知,根瘤的最佳采集时间应在沙冬青结果期之前.而实际的调查结果也证明了这一点:4 月中、下旬在沙坡头、磴口和乌拉特后旗均采到了根瘤;而 7 月中旬和 8 月中旬分别在磴口和阿拉善左旗进行采样,却只见到了根瘤残体.

据报道^[19-21],根瘤的类型大致可分为:通过感染线来感染新细胞和靠感染细胞分裂两种.感染细胞分裂类型或是缺乏感染线或是感染线分枝不广,分枝不广的根瘤或多或少呈球形,缺乏永久分生组织.而有永久分生组织的根瘤通常是无限生长的,一般呈长形,通常有分枝.沙冬青根瘤外部形态呈现多样性,既有少分枝的球形或近球形,又有多分枝的棒状和鹿角状.这说明沙冬青根瘤发育存在不同形式,感染也有不同方式.已经发现^[15],有豆血红蛋白的根瘤才有固氮活性.根瘤的有效性即含菌细胞的固氮能力,在有效菌株和无效菌株各有不同,造成这种情况的原因很多,既有寄主和根瘤菌的影响,也有环境因素的影响,可能会有完全无效的根瘤.这种根瘤是白色的,不含豆血红蛋白.沙冬青根瘤一般呈褐色或

乳白色,少有粉红色,这可能与其所处的发育阶段和地理环境有关,而其是否具有固氮活性,还需进一步的试验证明.

同一地理环境中,沙冬青群落的其他豆科植物的根瘤与沙冬青根瘤具有相似性,说明根瘤菌与豆科植物共生关系的建立不只是细菌与植物间的相互对话,而是细菌、植物及环境三方相互作用的结果^[22].

沙冬青群落中生长有多种其他豆科植物,而与其他豆科植物共生的根瘤菌可以通过越界结瘤而与沙冬青共生,从而使沙冬青根瘤具有更高的多样性.因此,可以说这种群落结构有利于根瘤菌对沙冬青侵染及其共生.而另一方面,在西北荒漠地区缺水少氮的环境条件下,根瘤菌与沙冬青的共生关系对沙冬青的生长发育、优良性状的形成及其生物群落的发育和多样性的维系具有重要作用.

不同样区间的沙冬青根瘤在形态、颜色、结瘤量、着生部位存在着差异,表现出一定的多样性;而由根瘤分离得到的根瘤菌,在抗盐性、抗酸碱性、抗高温胁迫和抗生素抗性等生理生化方面也有很大的差异(研究中),表现出多样性.

近几十年分子生物学的迅速发展给根瘤菌遗传多样性的研究提供了新的手段和方法,许多基于核酸分析的分子遗传学技术日益成为分子水平遗传多样性研究的有力工具,如限制性片段长度多态性(RFLP)标记^[23]、随机扩增 DNA 片段的多态性(RAPD)、AFLP 指纹图谱分析等.在这些技术帮助下,有一大批豆科植物共生根瘤菌的多样性得到了研究.虽然近年来根瘤菌的多样性及分类研究有了很大发展,但在全世界已知的约 650 属,19 000 多种^[17]豆科植物中只有约 15%的种进行过结瘤的调查研究,其中 0.3%~0.5%研究过共生关系^[24].与沙冬青共生的根瘤菌的多样性分析及其共生关系在国内外还未见报道.因此在此调查的基础上,运用分子生物学手段对沙冬青根瘤菌进行多样性分析,并对沙冬青-根瘤菌的共生关系进行研究,筛选出与寄主沙冬青最优配对的菌株,对沙冬青的开发利用和荒漠生态中根瘤菌种质资源的收集和多样性保护提供一定的依据.

参 考 文 献

[1] 刘果厚.阿拉善荒漠特有植物沙冬青濒危原因的研究[J].植物研究,1998,18(3):341-345.
LIU G H. Study on the endangered reasons of *Artemisia mongolica* in the desert of Alashan [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 1998, 18(3): 341-345.
[2] 中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].北京:科学出版社,1997.

Delectis Florae Reipublicae Sincae Agendae Academiae Editat.
Flora reipublicae popularis sinica[M]. Beijing:Science Press, 1997.

[3] 刘家琮,邱明新,杨,等. 沙冬青植物群落研究[J]. 中国沙漠, 1995, 15(2):109-115.

LIU J Q, QIU M X, YANG K, et al. Studies on the plant community of *Ammopiptanthus mongolicus*[J]. *Journal of Desert Research*, 1995, 15(2):109-115.

[4] 王庆锁,李勇,张灵芝. 珍稀濒危植物沙冬青研究概况[J]. 生物多样性, 1995, 3(3):153-156.

WANG Q S, LI Y, ZHANG L Z. A summary of studies on the rare and endangered *Ammopiptanthus mongolicus* [J]. *Chinese Biodiversity*, 1995, 3(3):153-156.

[5] 周宜君,刘春兰,冯金朝,等. 沙冬青抗旱、抗寒机理的研究进展[J]. 中国沙漠, 2001, 21(3):312-316.

ZHOU Y J, LIU C L, FENG J Z, et al. Advances of drought-resistance and frigid-resistance mechanism research on *Ammopiptanthus mongolicus*[J]. *Journal of Desert Research*, 2001, 21(3):312-316.

[6] 陈曦,卢存福,蒋湘宁,等. 植物抗冻蛋白及其基因工程研究的新进展[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(3):94-98.

CHEN X, LU C F, JIANG X N, et al. New progress in the study of plant antifreeze proteins and their genetic engineering[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2002, 24(3):94-98.

[7] 张涛,蒋志荣. 沙冬青引种栽培的试验研究[J]. 中国沙漠, 1987, 7(3):41-47.

ZHANG T, JIANG Z R. Culture of introduced *Ammopiptanthus mongolicus*[J]. *Journal of Desert Research*, 1987, 7(3):41-47.

[8] 麦秀兰. 沙冬青的引种育苗试验[J]. 宁夏农林科技, 1988(3):27-28.

MAI X L. Culture and breeding of introduced *Ammopiptanthus mongolicus*[J]. *Journal of Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology*, 1988(3):27-28.

[9] 刘永生,王俊年. 旱生常绿灌木沙冬青引种实验报告[J]. 甘肃林业科技, 1988(3):27-29.

LIU Y S, WANG J N. Introduction of *Ammopiptanthus mongolicus* [J]. *Journal of Gansu Forestry Science and Technology*, 1988(3):27-29.

[10] 丁琮. 共生菌在濒危植物沙冬青引种栽培中应用研究[D]. 北京:北京林业大学, 2004.

DING Q. Application of symbionts in the introduction and cultivation of the endangered *Ammopiptanthus mongolicus* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2004.

[11] 关桂兰,李仲元,王卫卫,等. 新疆干旱区豆科植物结瘤的固氮特性[J]. 植物生理学报, 1986, 12(4):324-332.

GUAN G L, LI Z Y, WANG W W, et al. Characteristics related to symbiotic nitrogen fixation of legumes in Xinjiang arid zone of China [J]. *Acta Phytophysiological Sinica*, 1986, 12(4):324-332.

[12] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队. 内蒙古植被[M]. 北京:科学出版社, 1985.

Inner Mongolia-Ningxia Complex Expert Team of the Chinese Academy of Sciences. *Vegetation of Inner Mongolia* [M]. Beijing: Science Press, 1985.

[13] 王卫卫,胡正海. 几种生态因素对西北干旱地区豆科植物结瘤固氮的影响[J]. 西北植物学报, 2003, 23(7):1 163-1 168.

WANG W W, HU Z H. Characteristics related to symbiotic nitrogen fixation of legumes in northwest arid zone of China [J]. *Acta Bot Boreal -Occident Sin*, 2003, 23(7):1 163-1 168.

[14] 黄银晓,林舜华,孔令韶,等. 内蒙阿拉善地区植物与土壤元素背景值特征及其相互关系[J]. 应用与环境生物学报, 1996, 2(4):329-339.

HUANG Y X, LIN S H, KONG L S, et al. The characteristics of element background values of plants and soils and their relationships in Alashan, Inner Mongolia[J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 1996, 2(4):329-339.

[15] 宋朝枢,贾昆峰. 乌拉特梭梭林自然保护区科学考察集[M]. 北京:中国林业出版社, 2000.

SONG C S, JIA K F. *Scientific survey of Wulate Haloxylon ammodendron Forest Nature Reserve* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2000.

[16] 傅华,陈亚明,王彦荣,等. 阿拉善主要草地类型土壤有机碳特征及其影响因素[J]. 生态学报, 2004, 24(3):469-476.

FU H, CHEN Y M, WANG Y R, et al. Organic carbon content in major grassland types in Alex, Inner Mongolia[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3):469-476.

[17] ALLEN O N, ALLEN E K. *The Leguminosae, a source book of characteristics, uses and nodulation*[M]. Madison: The University of Wisconsin Press, 1981:707-727.

[18] 孙祥,于卓. 沙冬青根系的研究[J]. 干旱区研究, 1994, 11(1):53-56.

SUN X, YU Z. Studies on root system of *Ammopiptanthus mongolicus* [J]. *Arid Zone Research*, 1994, 11(1):53-56.

[19] 林稚兰,黄雪梨. 现代微生物学与实验技术[M]. 北京:科学出版社, 2000.

LIN Z L, HUANG X L. *Modern microbiology and experimental technology*[M]. Beijing: Science Press, 2000.

[20] 尤崇杓,姜涌明,宋鸿遇. 生物固氮[M]. 北京:科学出版社, 1987.

YOU C S, JIANG Y M, SONG H Y. *Biology nitrogen fixation*[M]. Beijing: Science Press, 1987.

[21] BUCHANAN B B, GRUISSEM W, JONES R L. *Biochemistry and molecular biology of plants*[M]. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000.

[22] 陈文新,汪恩涛,陈文峰. 根瘤菌-豆科植物共生多样性与地理环境的关系[J]. 中国农业科学, 2004, 37(1):81-86.

CHEN W X, WANG E T, CHEN W F. The relationship between the symbiotic promiscuity of rhizobia and legumes and their geographical environments[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(1):81-86.

[23] LAGUERRE G, ALLARD M R, REVOY F, et al. Rapid identification of rhizobia by restriction fragment length polymorphism analysis of PCR amplified 16S rRNA gene [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1994, 60(1):56-63.

[24] RAOSUBBA N S. *Soil microbiology* [M]. Washington: Inc USA Science Publishers, 1999.

(责任编辑 董晓燕)