

赵龙飞. 河南商丘地区豆科植物根瘤菌资源多样性调查[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(5): 329–332.

# 河南商丘地区豆科植物根瘤菌资源多样性调查

赵龙飞

(商丘师范学院生命科学学院, 河南商丘 476000)

**摘要:** 通过对河南省商丘地区豆科植物根瘤菌资源调查, 共采集到根瘤样品 228 份, 包括野生和栽培豆科植物 23 属 31 种, 采集的根瘤 94% 着生在侧根或须根上, 根瘤的形状主要有球状、棒状、掌状, 少数珊瑚状、三棱状、不规则状; 颜色多为土黄色、粉色, 少数呈白色、绿色、棕色。调查研究发现, 豆科植物与根瘤菌共生结瘤及根瘤特征, 除了与寄主植物的遗传特性、发育时期有关外, 还与其所处的生态环境(水分、土壤结构、土壤 pH 值等)有密切的关系。抗逆性试验结果表明, 根瘤菌对 NaCl、pH 值及重金属  $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  等具有较强的抗逆性, 这与豆科植物生长的地理环境有直接的关系。

**关键词:** 河南商丘; 豆科植物; 根瘤菌; 根瘤特征; 生态环境; 抗逆性

**中图分类号:** Q948 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2013)05–0329–03

根瘤菌与豆科植物形成的共生固氮体系在生物固氮中是最强的固氮体系之一, 所固定的氮占整个生物固氮总量的 65%, 相当于全世界工业合成氮肥量的 2 倍, 在农业生产和生态系统中起着极其重要的作用<sup>[1]</sup>。豆科是被子植物中的大科, 在全世界约 750 属 2 万种, 我国约有 150 属 1 500 多种, 但在这 2 万多种豆科植物中进行过结瘤调查的尚不足 16%<sup>[2]</sup>。商丘市位于河南省的东部, 与鲁、苏、皖三省交界, 处于黄淮海流域腹地, 地处东经 114°49′~116°39′、北纬 33°43′~34°52′, 地势呈西北高、东南低的微倾平面, 平均海拔不足 50 m, 年平均气温 13.9~14.3℃之间, 年平均降水量 719.9 mm, 无霜期 212 d, 属暖温带大陆性季风气候。但受地形、气候、土壤结构等综合因素的影响<sup>[3]</sup>, 该地有大量固氮植物种类, 如野生草本豆科植物野大豆、野豌豆、黄芪、棘豆、胡枝子等, 栽培型有大豆、绿豆、豇豆、蚕豆等; 木本豆科植物如刺槐、国槐、紫穗槐、合欢、紫荆等, 它们一般都具有较强的抗干旱、耐盐碱、耐重金属等优良特性, 并且为这种环境中的先锋植物, 为该地区的土壤体系提供了氮源, 在维持生态平衡、保持水土、改良土壤结构等方面起重要作用。因此, 笔者所在的课题组对商丘地区豆科植物根瘤菌资源进行了调查, 以期根瘤菌种质资源的开发和利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查路线

调查于 2012 年 7—8 月进行, 选择河南省商丘市所辖的 2 个区(梁园区和睢阳区)、7 个县(市)(虞城、民权、睢县、宁

陵、柘城、夏邑、永城)范围内的豆科植物—根瘤菌共生固氮资源进行调查。

### 1.2 根瘤标本的采集

选取每种健康的豆科植物并随机挖取植株根部, 挑个大、新鲜、饱满的根瘤, 置入无菌的离心管, 密封并按采集顺序进行编号, 每株植物上的根瘤装在一管中。记录植物名、结瘤情况(包括是否结瘤、根瘤形状、根瘤大小、根瘤颜色、着生部位等); 同时, 记录生态环境(包括采集时间、地点、经纬度、海拔、土壤类型、地形地貌、植物生长阶段、生境、伴生植物生态、土地使用情况等)。

### 1.3 根瘤菌的分离纯化与保藏

对采集的新鲜根瘤, 先用无菌水浸泡, 反复冲洗 2~3 次, 去除根瘤表面的泥土, 再经无水乙醇处理 20~30 s、0.1%  $\text{HgCl}_2$  灭菌 5 min, 用无菌水冲洗 8~10 次, 去除根瘤表面残留的消毒液, 在无菌条件下用镊子将根瘤夹碎, 挤出汁液, 涂布于 YMA 培养基(加有 1/400 刚果红)表面上, 置于 28℃ 下倒置恒温培养。采用平板划线法, 挑取单菌落, 进行染色、镜检, 并将纯的菌落接入试管斜面中培养, 保存备用。

### 1.4 根瘤菌理化特性的测定

对分离的菌株进行理化特性试验, 主要包括耐盐性(NaCl 浓度为 4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%)、耐盐碱性(pH 值 4、5、6、7、8、9、10)、重金属抗性( $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ )等特性的测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 豆科植物共生固氮资源

本次调查共收集到根瘤样品 228 份, 包括野生和栽培豆科植物 23 属 31 种。从表 1 可以看出, 采集到的豆科植物以菜豆属、苜蓿属、野豌豆属、胡枝子属、黄芪属为多, 其中苜蓿属有天蓝苜蓿、紫花苜蓿、野苜蓿等 3 个种; 野豌豆属有三齿野豌豆、蚕豆、野豌豆等 3 个种; 胡枝子属有胡枝子、尖叶铁扫帚等 2 个种。这些豆科植物中, 除少数胡枝子、紫穗槐、乌拉尔甘草采集到较少根瘤外, 其他豆科植物都能够结瘤、固氮。

收稿日期: 2012–10–12

基金项目: 国家自然科学基金(编号: U1204301); 河南省科技攻关项目(编号: 112102110177); 河南省高等学校青年骨干教师资助计划(编号: 2012GGJS–166); 商丘师范学院青年科研基金(编号: 2010QN20)。

作者简介: 赵龙飞(1978—), 男, 河南杞县人, 博士, 副教授, 主要从事根瘤内生菌资源与多样性研究。E-mail: hnzhaolongfei@yahoo.com.cn。

2.2 豆科植物根瘤特征的多样性

对采集到的 23 属 31 种豆科植物根瘤的着生位置、形状、大小、颜色进行比较,结果发现,94% 的根瘤着生在侧根或须根上,多数是草本、野生、栽培一年生或木本多年生豆科植物。如菜豆属的菜豆和绿豆根瘤着生以须根为主,苜蓿属的 2 个种——紫花苜蓿和野苜蓿、野豌豆属的 3 个种——三齿野豌豆、蚕豆、野豌豆、胡枝子属的 2 个种——胡枝子、尖叶铁扫帚

的根瘤都着生在须根和侧根上。草本植物黄芪属、豇豆属、刀豆、豌豆、扁豆、落花生、鸡眼草、三叶草以及木本植物紫穗槐、刺槐、紫藤、葛藤、皂荚、甘草、合欢的根瘤多数着生在须根上。而苜蓿属的天蓝苜蓿、大豆属的野大豆和大豆根瘤主要着生在主根上,少数着生在须根上。

表 1 商丘地区豆科植物固氮资源及其根瘤特征

植物属名	寄主植物	土壤类型	发育期	根瘤特征			
				形状	颜色	大小(mm)	着生位置
菜豆属	菜豆	沙壤土	营养期	球状	土黄色	1~6	须根为主
	绿豆	沙壤土	营养期	球形	土黄色、粉红色	1~3	须根,主根
苜蓿属	天蓝苜蓿	沙壤土	花期	扁球形,三棱形	棕色、有白色花纹	1~3	主根为主,少数须根
	紫花苜蓿	沙壤土	花期	钟状,掌状	粉红色	1~3	须根为主
	野苜蓿	沙壤土	花期	棒状	粉红色	2~3	多数须根
胡枝子属	胡枝子	沙壤土	花期	球形	棕色、粉红色	1~2	多数须根
	尖叶铁扫帚	沙壤土	营养期	球形	棕色、褐色	1~3	多数须根
棘豆属	棘豆	砂石土	营养期	掌状,扁平	粉红色	2~5	须根
野豌豆属	三齿野豌豆	沙壤土	花期	棒状,掌状	绿色、白色	1~4	须根
	蚕豆	沙壤土	果期	棒状,掌状	黄色	1~3	侧根
	野豌豆	沙壤土	花期	棒状,掌状	土黄色	1~3	侧根
大豆属	野大豆	沙壤土	花期、营养期	球状,粗糙,有白色花纹	土黄色、白色	2~4	多数主根,少数须根
	大豆	沙壤土	营养期	球状,不规则	土黄色	2~5	主根
豇豆属	豇豆	沙壤土	花期、营养期	球状	土黄色	2~4	多数须根
刀豆属	刀豆	黄壤土	生殖期	球状	黄色、绿色	1~3	多数侧根
豌豆属	豌豆	沙壤土	生殖期	球状	土黄色	2~3	多数侧根
扁豆属	扁豆	黄壤土	生殖期	球状	白色、黄色	2~6	多数侧根
黄芪属	蒙古黄芪	沙壤土	营养期	棒状,根瘤少	粉红色	2~3	多数须根
落花生属	沙打旺	沙壤土	营养期	棒状	粉红色	1~2	多数须根
	落花生	沙壤土	生殖期	棒状	粉红色、白色	2~3	多数侧根
紫荆属	紫荆	沙壤土	营养期	棒状	粉红色	1~2	多数须根
紫穗槐属	紫穗槐	沙壤土	营养期	球状	土黄色	2~3	多数须根
刺槐属	刺槐	沙壤土	营养期	珊瑚状,不规则	土黄色	3~5	多数须根
甘草属	乌拉尔甘草	褐钙土	营养期	棒状	土黄色	2~3	多数侧根
紫藤属	紫藤	黄壤土	生殖期	球形,棒形分叉	褐红色	2~5	多数侧根
葛属	葛藤	壤土	营养期	球形,棒形	粉红、土黄色	2~4	多数侧根
皂荚属	皂荚	壤土	营养期	球状,棒状	黑色	2~5	多数侧根
田菁属	田菁	沙壤土	生殖期	短棒状	土黄色、褐色	2~4	多数侧根,少数主根
合欢属	山合欢	沙壤土	营养期	球状,短棒状	黄色、白色	2~3	多数侧根
鸡眼草属	长萼鸡眼草	壤土	生殖期	棒状,球状	黄色、白色和褐色	0.5~1	侧根为主,主根少数
三叶草属	三叶草	沙壤土	生殖期	棒状,球形	粉色、白色	1~2	多数须根

由表 1 还可以看出,根瘤形状呈现出多样性,主要有球状、棒状、掌状,少数呈珊瑚状、三棱形、掌状。如苜蓿属的 3 个种、黄芪属的 2 个种、落花生属落花生、紫荆属的紫荆、甘草属的乌拉尔甘草、皂荚属皂荚、田菁属的田菁、合欢属的山合欢、鸡眼草属的长萼鸡眼草以及三叶草属的三叶草等的根瘤都呈现有棒状;除了苜蓿属的天蓝苜蓿根瘤呈扁球形、三棱形,紫花苜蓿根瘤呈钟状、掌状,棘豆属的棘豆根瘤呈现掌状、扁平状,刺槐属的刺槐根瘤呈现珊瑚状、不规则状外,其他属都有呈球状根瘤,如菜豆属的菜豆和绿豆、胡枝子属的 2 个种、大豆属的大豆和野大豆、豇豆属的豇豆、刀豆属的刀豆、豌豆属的豌豆等。以上分析表明,根瘤形状的多样化主要与植物有关,同属不同种的豆科植物根瘤形态往往是相似的。当根瘤菌侵染寄主时,寄主植物缺乏感染线或感染线分枝不广,缺乏永久分生组织,则根瘤多呈球形。当类菌体通过感染线感染寄主,而寄主植物具有永久分生组织,根瘤通常无限生长,一般呈棒状。当植物感染线在一个平面上有多个分支,根瘤多形成掌状,感染线分枝较广,就会形成珊瑚状的根瘤。由

此可见,豆科植物根瘤形状涉及到宿主植物的遗传因子,而与根瘤菌种类关系不大<sup>[4]</sup>。

调查中发现根瘤的颜色也呈现出多样性。多数根瘤呈土黄色、粉红色、棕色,少数为白色、绿色、褐色,这与寄主植物所处的发育期有一定的关系,如处于花期、果期的根瘤多呈饱满的粉色、土黄色,少数呈白色和褐色。呈粉红色、土黄色的根瘤为有效瘤,豆血红蛋白的存在使根瘤呈粉红色,木本植物由于根瘤的皮层较厚呈现土黄色,具有固氮酶活性,豆血红蛋白向类菌体提供低浓度和高流量的氧,是进行固氮作用的必备条件之一。呈白色、绿色、褐色的根瘤多属于无效瘤,由于根瘤处于形成的初期因而缺乏豆血红蛋白,或固氮的后期颜色逐渐变深,呈绿色、褐色和黑色,根瘤逐渐衰老,直至死亡、干瘪。

所调查的 23 属豆科植物中,多数根瘤大小在 1~3 mm,而菜豆属的菜豆、棘豆属的棘豆、扁豆属的扁豆、刺槐属刺槐、紫藤属的紫藤、皂荚属的皂荚以及大豆属的大豆等根瘤相对稍大,最大可达 6 mm。蔺继尚等研究表明,根瘤的形状结构受当地气候条件的影响,当年夏季降水量小,干旱的环境导致

根瘤皮层明显比非干旱区豆科植物根瘤皮层厚<sup>[5]</sup>。相对较厚的皮层为根瘤中心区内的类菌体提供了一个适应范围较大的气体扩散屏障,表明根瘤皮层结构的改变足以抵御外界干旱的气候条件。

综上所述,豆科植物属间根瘤的特性差异较大,同属种间根瘤特性近似,表明根瘤的特征与宿主植物本身的遗传特性有一定的关系<sup>[6]</sup>。河南省商丘地区处于豫东平原的黄淮流域,但南部是山地、丘陵,在暖温带大陆性季风气候条件下,豆科植物生态习性比较多样化,根瘤所呈现的特点是豆科植物及其共生固氮适应环境的结果。

### 2.3 豆科植物根瘤特性的生态因素分析

豆科植物形成根瘤是一个非常复杂的过程,经历了根瘤菌对豆科植物根际互相识别、根毛弯曲、根瘤菌感染形成侵入线等一系列过程。因此,影响豆科植物结瘤及根瘤特征的生态因素是多方面的,以下主要从水分、土壤、pH 值等方面进行探讨。

调查结果表明,多数情况下豆科植物根瘤在数量、有效性方面都与土壤的含水量有密切的关系。如对商丘市梁园区商丘师范学院新校区西部荒地的豆科植物调查发现,大量的紫花苜蓿和胡枝子植株没有根瘤,而梁园区黄河故道相对湿润的河套里发现结瘤量较多的野生苜蓿、胡枝子植株,且根瘤多呈粉红色、土黄色。这部分是由于植株的生长发育受到土壤含水量的制约,侧根和根毛形成数目减少,妨碍根瘤菌的入侵,从而大大减少根瘤菌对植物根部感染的机会。这与贺学礼等的调查研究结果<sup>[7]</sup>相一致,土壤含水量对根瘤的形成和固氮活性有较大的影响。

土壤结构是土壤固相颗粒的大小及其空间排列的形式,不仅影响植物生长所需的土壤水分和养分的储量与供应能力,而且还左右土壤中气体交流、热量平衡、微生物活动及根系的延伸等。土壤结构也直接影响根瘤菌和豆科植物的结瘤及根瘤特性,如在宁陵的尤吉屯、睢县的河堤乡、柘城的张桥乡等地的土壤多为黄潮土、沙壤土、淤沙两合土,土壤质地较软、疏松,植株上根瘤较多,而且较大(刺槐、菜豆可达6 mm);而在永城县(市)芒山镇芒碭山上采集甘草时发现,结瘤的植株很少,且瘤相对较小,大小在1~2 mm,研究发现该地的土壤是岩石长期风化形成的褐钙土,土质坚硬、碱性强,因此该地结瘤的甘草植株较少,而且瘤小。这可能与土壤通气性差有关,加之根瘤菌是好氧性微生物,土壤的通气状况影响根瘤在土壤中的活力和固氮活性。风化的钙质土壤使得土壤呈现碱性,碱性的土壤经豆科植物对与其共生根瘤菌长期的共同进化,形成了耐碱的共生固氮体系。笔者所在的课题组在我国西北地区、内蒙努鲁尔山北麓豆科植物根瘤资源调查过程中证实了这一点<sup>[3]</sup>,多种豆科植物能够在偏碱的土壤中结瘤固氮。

### 2.4 根瘤菌的抗逆性分析

初步试验结果表明,分离的这些根瘤菌具有较强的抗逆性。468株根瘤菌中有88%的菌株在含7.0% NaCl的YMA固体培养基上能够生长,有8株菌甚至能耐受8% NaCl;有78%的菌株在pH值为9.0的培养基上能够生长。对重金属的抗性试验结果表明,97%的菌株分别可耐受2 mmol/L  $\text{Pb}^{2+}$ 、0.05 mmol/L  $\text{Hg}^{2+}$ 和2.1 mmol/L  $\text{Cu}^{2+}$ 。这些抗性的获得可能与豆科植物生长的地理环境有直接的关系。商丘市梁

园区、睢阳区的西北部有发电厂、大量化工厂分布,而冬秋常刮西北风,长期对风向下游的区域造成污染;辖区的7个县(市)污染也严重,这可能是因为农村化肥、农药等化学产品的滥用致使重金属等对土壤和水体的污染越来越严重<sup>[8]</sup>,在根瘤内的富集也日益增多。尤其是永城县境内分布着丰富的矿产资源,如煤、石灰石等矿产,长期的自然选择,“筛选”出了抗性强的微生物菌株,这为筛选和克隆抗逆基因提供了丰富的微生物资源。

## 3 结论

商丘市位于河南省的东部,与皖苏鲁三省交界,属暖温带大陆性季风气候,四季分明,东南部为山地、丘陵,西北地形较为平坦,土壤以黄潮土、沙壤土、淤沙两合土为主,分布有多种豆科植物。栽培型豆科植物相对较少,而野生型豆科植物分布较广。研究发现,分离出的根瘤菌对盐、盐碱、重金属等都有较强的抗性,如广泛分布的野大豆根瘤菌,97%菌株可耐受一定浓度的重金属 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 。这可能是因为根瘤菌通过分泌质子、氨基酸以及各种有机酸提高了体系的酸度,溶解重金属,或者利用代谢产物与重金属配合改变形态,使其对多种重金属具有耐受性<sup>[9]</sup>。另外,可能还因为根瘤菌长期受到胁迫环境的影响,使得根瘤菌已经适应这种特殊的气候和地理环境,和寄主植物形成共生固氮体系,长期进化出具有较强的抗重金属特性。陈文新等的研究结果支持了这一观点,根瘤菌与豆科植物共生关系的建立是细菌、植物及环境三方相互作用的结果,无论是栽培种还是野生种,豆科植物都需要与适应当地环境的根瘤菌种建立共生关系<sup>[10]</sup>。这为选育该地有抗重金属污染、提高环境固氮率的根瘤菌及开展根瘤菌遗传多样性与生态地理学之间关系的研究提供了条件。

影响豆科植物根瘤多样性的因素有很多,除土壤含水量、土壤结构、土壤pH值等因素外,还与土壤中的微生物、光照、温度、植物的生育期、土壤盐浓度、地貌特征、农药、化肥、农事活动等<sup>[7,11-14]</sup>有关。这些因素都会对豆科植物的结瘤和固氮产生一定的影响,所以并非所有豆科植物都能够结瘤,如永城县芒山镇芒碭山中的胡枝子很少发现有根瘤;黄河故道岸边的黄芪根瘤很少,且个体小等。当然这也可能与采样的范围不够广泛、采样时间对有些植物不适宜等有关,因此对影响豆科植物根瘤多样性的因素还须进一步研究。

### 参考文献:

- [1] Rao N S. Soil microbiology: fourth edition of soil microorganisms and plant growth [M]. New Delhi: Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., 1999: 167.
- [2] 陈文峰, 陈文新. 我国豆科植物根瘤菌资源多样性及应用基础研究[J]. 生物学通报, 2003, 38(7): 1-4.
- [3] 赵龙飞, 邓振山, 杨文权, 等. 我国西北部分地区豆科植物根瘤菌资源调查研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 33-39.
- [4] Allen O N, Allen E K. The Leguminosae: a source book of characteristics uses and nodulation [M]. Wisconsin: University of Wisconsin Press, 1981.
- [5] 蒯继高, 王丽霞, 关桂兰. 长年干旱环境对新疆豆科植物根瘤形态结构的影响[J]. 应用生态学报, 1993, 4(3): 299-302.
- [6] 韦革宏, 龚明福, 吕双庆. 中国帕米尔高原根瘤菌-豆科植物共

王海候,黄俏丽,陆长婴,等. 苏州市蔬菜地土壤盐分积累现状及离子组成特征[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):332-334.

# 苏州市蔬菜地土壤盐分积累现状及离子组成特征

王海候<sup>1</sup>, 黄俏丽<sup>2</sup>, 陆长婴<sup>1</sup>, 沈明星<sup>1</sup>, 施林林<sup>1</sup>, 吴彤东<sup>1</sup>

(1. 江苏太湖地区农业科学研究所/农业部苏州水稻土生态环境重点野外科学观测试验站, 江苏苏州 215155;

2. 苏州农业职业技术学院, 江苏苏州 215008)

**摘要:** 采集苏州市蔬菜地 0~20 cm 耕层土壤,测定其全盐含量及盐分离子组成,研究蔬菜地土壤盐分积累及离子组成对土壤利用方式及种植年限的响应关系,为制定合理的施肥和管理措施提供科学依据。结果表明:苏州市大棚蔬菜地土壤的全盐含量平均值为 1.528 g/kg,已处于轻度盐渍化水平,其中,大棚蔬菜地土壤有 7.69% 为强度盐渍化,23.08% 为中度盐渍化,46.15% 为轻度盐渍化;露天蔬菜地土壤的全盐含量平均值为 0.351 g/kg,均处于安全水平之内;大棚蔬菜种植方式可显著提高土壤盐分离子的含量,其中阳离子以  $\text{Ca}^{2+}$  平均含量最大,其次为  $\text{Na}^+$ ,阴离子以  $\text{NO}_3^-$  平均含量最大,其次为  $\text{SO}_4^{2-}$ ;但与稻麦农田土壤相比,大棚蔬菜地土壤阳离子以  $\text{K}^+$  提高幅度最大,其次为  $\text{Ca}^{2+}$ ,阴离子以  $\text{NO}_3^-$  提高幅度最大,其次为  $\text{Cl}^-$ 。蔬菜地土壤盐分积累量随着种植年限的增加,呈上升趋势,种植年限 1~5 年及大于 5 年的蔬菜地土壤平均全盐含量分别为 1.130、1.500 g/kg,均达到了轻度盐渍化的水平;另外,种植 1~5 年的蔬菜地土壤全盐含量达中度盐渍化水平的占 12.5%,而 5 年以上的蔬菜地土壤盐渍化达中度以上的占 30%;蔬菜地种植 5 年以上的土壤  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  略低于种植 1~5 年的土壤,而  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  含量均大于种植 1~5 年的土壤,但差异未达显著水平;以稻麦农田为对照,种植 5 年以上的蔬菜地土壤离子阳离子以  $\text{K}^+$  提高幅度最大、其次为  $\text{Ca}^{2+}$ ,阴离子以  $\text{Cl}^-$  提高幅度最大、其次为  $\text{NO}_3^-$ 。

**关键词:** 蔬菜地土壤;盐分;积累;离子组成

**中图分类号:** S606<sup>+</sup>.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2013)05-0332-03

苏州地处我国长江三角洲,为著名的鱼米蚕丝之乡。近年来,随着农业结构调整的不断深化和农业产业化的加快发展,苏州市的旱田作物生产布局发生了巨大变化,稻、麦、油等大宗作物种植面积大幅减小,蔬菜产业迅速崛起,并显现出了具有区域特色的基地型、规模型蔬菜产销新格局,使蔬菜生产成为其旱作区的主导产业。至 2008 年,苏州市蔬菜常年种植面积 2.57 万  $\text{hm}^2$ ,其中蔬菜地面积 1.532 万  $\text{hm}^2$ ;全年蔬菜播种面积 10.65 万  $\text{hm}^2$ ,总产量 299.88 万 t。虽然蔬菜生产丰富了城乡居民的菜篮子,极大地提高了农民收入,但是蔬菜生产集约栽培、复种指数高、肥料利用量大,加上缺少雨水淋洗和蔬菜地室内空气温度高、湿度大、通气状况差及过量灌水等

特殊条件<sup>[1]</sup>,容易导致土壤产生次生盐渍化、养分不平衡等诸多生产问题<sup>[2]</sup>。汪羞德等研究表明,蔬菜地土壤若无防治措施,使用 1 年后就会出现土壤次生盐渍化现象,2~3 年后土壤全盐含量比普通农田高 5~6 倍<sup>[3]</sup>。因此,土壤次生盐渍化已是蔬菜地土壤退化的重要因素之一<sup>[4-5]</sup>,是国内外设施蔬菜栽培中普遍存在的技术难题,但目前应对策略还不多,不仅影响了蔬菜生产可持续发展,也对农产品安全及生态环境造成了不利影响。

本研究在 2008 年对苏州市蔬菜生产状况进行调查的基础上,通过测定蔬菜地土壤样品全盐含量及盐分离子组成,分析了土壤盐分积累及离子组成与土壤利用方式及种植年限的响应关系,目的在于探明苏州市蔬菜地土壤盐分积累现状及离子组成特征,为苏州市蔬菜地蔬菜栽培合理进行水肥管理、抑制和治理蔬菜地土壤退化提供理论依据与技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 土壤样品采集

采样时间为 2008 年 3—4 月,采样点分布于苏州全市范

生资源调查[J]. 西北植物学报,2005,25(8):1618-1622.

[7] 贺学礼,韦革宏,赵雨莉. 陕西豆科固氮植物资源调查及生态分布[J]. 陕西农业科学,1996(1):35-37.

[8] 娄淑芳,张新环,谢春,等. 商丘市蔬菜重金属污染状况与质量评价[J]. 中国食物与营养,2010(12):18-20.

[9] 曹莹,马宁,常佳丽,等. 西北部分矿区豆科植物根瘤菌重金属抗性及其 16S rDNA RFLP 分析[J]. 农业环境科学学报,2010,29(6):1156-1163.

[10] 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.

[11] 何庆元,胡艳,王永雄. 生态环境对根瘤菌竞争结瘤影响的研究进展[J]. 大豆科学,2004,23(1):66-70.

[12] 陈卫民,张执欣,张宏昌,等. 甘肃中西部豆科植物根瘤菌多样性调查研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(1):183-186.

[13] 慈恩,高明. 环境因子对豆科共生固氮影响的研究进展[J]. 西北植物学报,2005,25(6):1269-1274.

[14] 李友国,周俊初. 影响根瘤菌共生固氮效率的主要因素及遗传改造[J]. 微生物学通报,2002,29(6):86-89.

收稿日期:2012-10-08

基金项目:江苏省苏州市社会发展项目(编号:SS201025);江苏太湖地区农科学研究所基金(编号:0713)。

作者简介:王海候(1979—),男,江苏启东人,硕士,助理研究员,主要从事农业资源与环境方向研究。Tel:(0512)65386740;E-mail:wanghaihou@126.com。