

管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤养分调查研究^①

闵 炬¹, 董刚强², 谢文明¹, 李奕林¹, 纪荣婷^{1,3}, 施卫明^{1*}

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 2 安利(中国)植物研发中心, 江苏无锡 214115; 3 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: 为了解和评价和田地区管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤肥力状况, 指导土壤培肥, 以该地区管花肉苁蓉分布最广、产量最高的于田县和民丰县为研究区域, 采集该地区不同种植年限和灌溉方式下的土壤样本, 对其主要理化性质进行调查。结果表明: 接种管花肉苁蓉的柽柳林地土壤全氮和有机质含量均值分别为 0.31 g/kg 和 2.42 g/kg, 处于缺乏和很缺乏水平; 土壤速效钾和全磷含量均值分别为 155 mg/kg 和 0.55 g/kg, 处于适宜及以上水平; 土壤有效磷含量在 0.4~8.0 mg/kg, 处于适宜和缺乏水平的分别占调查面积的 41.2% 和 58.8%。土壤 pH 为中性或微碱性, 种植年限达 10 a 以上的土壤呈微酸性且已发生次生盐渍化。相同种植年限下, 传统的漫灌转为滴灌可使土壤 EC 值、全氮和硝态氮含量分别降低 60.6%、48.8% 和 34.7%。

关键词: 肉苁蓉; 红柳; 土壤肥力; 漫灌; 滴灌; 沙土

中图分类号: S158.2 **文献标识码:** A

管花肉苁蓉 (*Cistanche tubulosa* (Schenk) Wight) 为列当(*Orobanchaceae*)多年生寄生草本植物(别名红柳大芸), 多寄生于柽柳属植物根部, 是沙漠地区的名贵药材, 具有滋补的药用功能^[1-3], 其野生资源主要分布于我国新疆天山以南各县(主要分布于塔克拉玛干沙漠周围一些地区), 在和田地区的产量最高, 其中以于田县和民丰县分布最广、产量最高。该地区丰富的光热资源以及干燥、通透性强的沙土, 为其提供了良好的生长环境^[4-5]。在管花肉苁蓉分布区, 人们为获取利益, 在采挖野生管花肉苁蓉的同时, 对其寄主植物——柽柳的地表结构造成很大的破坏, 野生资源也日益枯竭。

管花肉苁蓉寄主柽柳为柽柳科柽柳属(*Tamarix* sp.)多年生灌木或小乔木。柽柳是优良的防风固沙植物, 同时还是重盐碱地难得的绿化造林树种, 其最大特点是耐旱、耐盐碱、耐贫瘠和沙埋^[6]。柽柳是分布于新疆各地的乡土树种, 也是新疆防风固沙造林的主要树种^[7]。

新疆和田地区是管花肉苁蓉的原产地, 大力发展人工种植管花肉苁蓉, 可作为保护和改善当地生态环境, 增加当地农民收入, 提高当地可持续发展能力的

重要途径。随着和田地区 2×10^4 hm² 管花肉苁蓉基地建设的大力推进, 管花肉苁蓉的生态、经济和社会效益开始显现^[8]。近几年来, 和田正以年平均 0.30×10^4 hm² 的速度推广人工定植寄主植物柽柳^[9], 截止目前全地区已种植寄主植物柽柳 2×10^4 hm², 接种管花肉苁蓉约 1.1×10^4 hm²。但是目前在管花肉苁蓉种植方面还存在许多问题。管花肉苁蓉为多年生寄生草本植物, 一次接种在柽柳根部可连续多年进行采收。在生产实践中发现, 随采收年限增加管花肉苁蓉产量出现衰退现象。前人在管花肉苁蓉的栽培、加工技术等方面已做了大量研究, 然而对其寄主柽柳林地土壤养分状况了解较少。土壤培肥是影响管花肉苁蓉丰产和品质的重要因素。因此, 本文对管花肉苁蓉分布最广、产量最高的新疆和田地区于田县和民丰县进行了其寄主柽柳林地土壤养分调查与分析, 以为管花肉苁蓉种植区的土壤养分管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集

和田地区位于新疆维吾尔自治区的最南端, 喀喇昆仑山北麓, 塔里木盆地南缘。地处 $78^{\circ}51' \sim 85^{\circ}55'$

基金项目: 企业院士工作站科研项目(BC20150003Z)资助。

* 通讯作者(wmshi@issas.ac.cn)

作者简介: 闵炬(1982—), 女, 新疆和硕人, 博士, 主要从事土壤养分管理与环境效应的研究。E-mail: jmin@issas.ac.cn

E, 35°20' ~ 39°29' N, 东西长 670 km, 南北宽 500 km, 总面积为 24.78 万 km², 海拔 1 050 ~ 6 962 m。年降水量 28.9 ~ 47.1 mm, 年蒸发量 2 198 ~ 2 790 mm, 年平均气温 11.5 ~ 12.4℃, 冬季极端最低气温 -23.8℃, 夏季极端最高气温 41.3℃, 7 月均温 24.5℃, 1 月均温 -5.5℃, 夏季沙表温度可达 78℃ 以上, 无霜期 210 d, 年均风速 1.4 m/s, 沙尘暴日数 13 d, 最多达 25 d, 浮尘天气日数 143 d。沙丘活动性极强, 年均向西南方向移动距离可达 5 m, 沙漠地貌极易改变。调查取样涉及于田县和民丰县接种管花肉苕蓉不同年限的 17 个规模化种植区, 涵盖管花肉苕蓉种植区 735 hm²。采样前, 根据当地土地利用方式图和行政单元设计采样单元, 采样时, 在每个采样单元的相对中心位置的代表地块采样, 采用 GPS 定位, 按照随机、等量和 5 点混合的原则取样。土壤样品采集于离桉柳树干 20 ~ 30 cm 处, 每个测定土样随机采集 5 株桉柳, 混匀后采用四分法最后保留 1 kg 土样用于分析化验; 土样取样深度为 0 ~ 20 cm, 共采集 17 个规模化管花肉苕蓉种植区的土壤样品。土样取回后自然风干, 按要求磨细过筛待测。

表 1 土壤样品概况

Table 1 Information of soil samples

管花肉苕蓉种植年限(a)	种植面积 (hm ²)	灌溉方式	地理坐标
0.5	120	漫灌	36°50'N, 81°30'E
1	120	漫灌	36°47'N, 81°39'E
2	100	漫灌	36°50'N, 81°45'E
3	80	漫灌	36°50'N, 81°45'E
4	86.7	漫灌	37°00'N, 82°40'E
5	40	漫灌	36°50'N, 81°42'E
6	26.7	漫灌	36°58'N, 81°38'E
8	30	漫灌	36°48'N, 81°39'E
9	20	漫灌	36°50'N, 81°45'E
10	23.3	漫灌	36°50'N, 81°46'E
12	10	漫灌	36°50'N, 81°44'E
13	5.3	漫灌	37°03'N, 82°39'E
15	3.5	漫灌	36°50'N, 81°30'E
5	30	漫灌+滴灌	36°51'N, 81°40'E
6	26.7	漫灌+滴灌	36°48'N, 81°39'E
12	8	漫灌+滴灌	36°50'N, 81°43'E
13	4	漫灌+滴灌	36°49'N, 81°40'E

1.2 测定指标及分析方法

供试土壤 pH 采用 2.5 : 1 水土比, 酸度计 (PHS-3CW-CN, 上海) 测定; 土壤电导率 (EC) 采用 5 : 1 水土比、电导率仪 (DDS-307W, 上海) 测定; 土壤全

氮用浓硫酸消煮凯氏蒸馏定氮法测定; 土壤全磷含量使用 HClO₄-H₂SO₄ 法测定; 土壤有效磷含量采用碳酸氢钠浸提, 钼锑抗比色法 (Olsen 法) 测定; 土壤速效钾含量采用醋酸铵溶液浸提, 火焰光度法测定; 土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法-外加热法测定^[10]。

试验数据分析与作图均采用 Excel 2010 软件完成。

1.3 土壤养分分级标准

土壤养分分级标准依照全国第二次土壤普查土壤 pH (表 2) 及各项土壤肥力指标的等级范围分级 (表 3) 划分, 并对该地区土壤肥力状况进行分析。

表 2 全国第二次土壤普查土壤 pH 分级

Table 2 Classification standards of soil pH of 2nd National Soil Survey

pH	<4.5	4.5 ~ 5.5	5.5 ~ 6.5	6.5 ~ 7.5	7.5 ~ 8.5	>8.5
分级	强酸性	酸性	微酸性	中性	微碱性	碱性

表 3 全国第二次土壤普查养分分级标准

Table 3 Classification standards of soil nutrients of 2nd National Soil Survey

分级	全氮 (g/kg)	有机质 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	全磷 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)
很丰富	>2	>40	>40	>1.0	>200
丰富	1.5 ~ 2.0	30 ~ 40	20 ~ 40	0.8 ~ 1.0	150 ~ 200
最适宜	1.0 ~ 1.5	20 ~ 30	10 ~ 20	0.6 ~ 0.8	100 ~ 150
适宜	0.75 ~ 1.0	10 ~ 20	5 ~ 10	0.4 ~ 0.6	50 ~ 100
缺乏	0.5 ~ 0.75	6 ~ 10	3 ~ 5	0.2 ~ 0.4	30 ~ 50
很缺乏	<0.5	<6	<3	<0.2	<30

2 结果与分析

2.1 管花肉苕蓉寄主桉柳林地土壤 pH

土壤 pH 高低反映土壤酸碱程度, 是土壤的重要化学性质之一, 对土壤微生物的活性、矿物质和有机质分解起着重要作用, 影响土壤养分元素的释放、固定和迁移等^[11]。接种管花肉苕蓉的桉柳林地土壤 pH 在中性的比例占 53%、微碱性比例占 35%、微酸性的比例占 12%。桉柳林地土壤随管花肉苕蓉种植年限增加出现酸化趋势, 种植 13 a 和 15 a 后土壤呈微酸性。在相同种植年限下, 与漫灌相比, 漫灌结合滴灌可使土壤 pH 分别增加 -3.1%、5.5%、4.3% 和 1.2% (图 1)。

2.2 管花肉苕蓉寄主桉柳林地土壤电导率

土壤电导率 (EC) 可用来表征土壤溶液中可溶性盐浓度。土壤 EC 值 > 0.5 mS/cm 是作物生育障碍临界点^[12]。高浓度的可溶性盐类会使植物受到损伤或造成植株根系的死亡。调查结果表明 (图 2), 接种管花肉苕蓉在 10 a 以内的桉柳林地土壤 EC 值在 0.24 ~

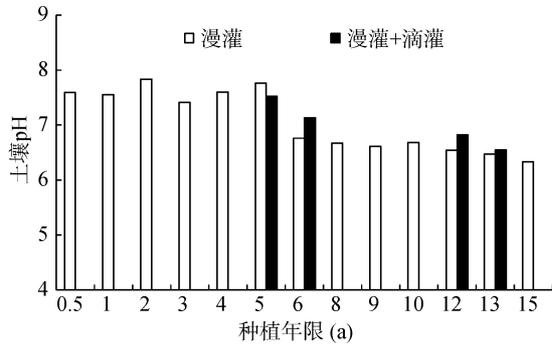


图 1 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤 pH

Fig. 1 Soil pH of tamarisk host woodlands of *Cistanche tubulosa* under different planting years

0.43 mS/cm，与漫灌相比，进行漫灌和滴灌结合的种植区土壤 EC 值低 49.8%和 60.2%；接种管花肉苁蓉 10 a 及其以上的柽柳林地土壤 EC 值在 0.63 ~ 1.52 mS/cm，已发生土壤的次生盐渍化现象，与漫灌相比，漫灌和滴灌结合的种植区土壤 EC 值低 37.2% 和 78.4%。

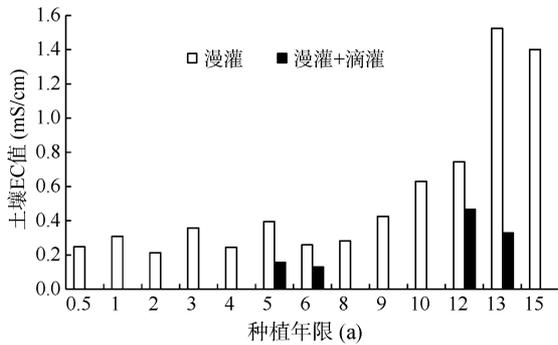


图 2 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤 EC 值

Fig. 2 Soil EC values of tamarisk host woodlands of *Cistanche tubulosa* under different planting years

2.3 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤全氮和硝态氮含量

结合图 3 和表 3 可知，接种管花肉苁蓉在 10 a 以内的柽柳林地土壤全氮含量在 0.09 ~ 0.40 g/kg，处于很缺乏水平。与漫灌相比，进行漫灌和滴灌结合的种植区土壤全氮低了 61.4% 和 61.9%；接种管花肉苁蓉在 10 a 及其以上的柽柳林地土壤全氮含量在 0.58 ~ 0.72 g/kg，为缺乏水平，与漫灌相比，漫灌和滴灌结合的种植区土壤全氮含量低了 43.4% 和 54.8%，为很缺乏水平。

土壤硝态氮是可以直接被植物根系吸收的氮形态^[13]。从调查的结果看，随接种管花肉苁蓉的柽柳林地种植年限增加土壤硝态氮含量逐渐增加，种植年限 10 a 以上的土壤硝态氮累积加剧，比种植年限 3 a 以内林地土壤硝态氮含量高近 20 倍(图 4)。与漫灌相

比，漫灌和滴灌结合的种植区土壤硝态氮含量低了 26.9% ~ 74.9%。

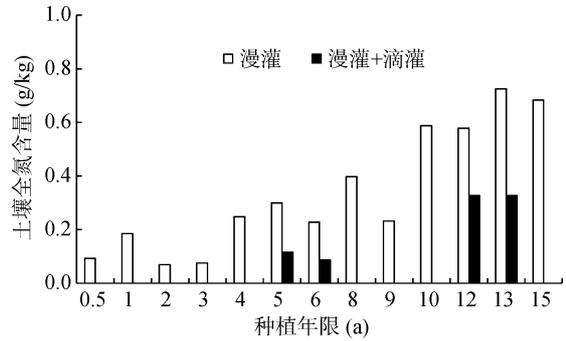


图 3 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤全氮含量

Fig. 3 Soil total nitrogen contents of tamarisk host woodlands of *Cistanche tubulosa* under different planting years

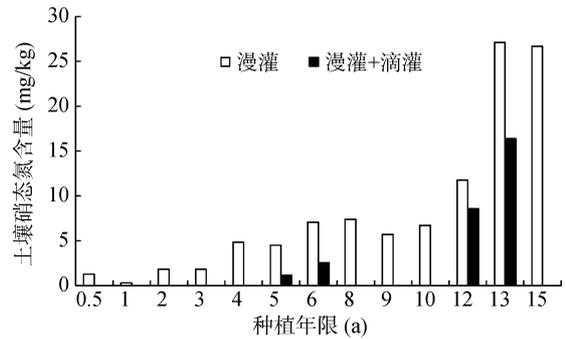


图 4 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤硝态氮含量

Fig. 4 Soil nitrate nitrogen contents of tamarisk host woodlands of *Cistanche tubulosa* under different planting years

2.4 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤有机质含量

土壤有机质是衡量土壤肥力的重要指标之一，接种管花肉苁蓉的柽柳林地土壤有机质含量在 1.43 ~ 4.28 g/kg，处于很缺乏水平(图 5，表 3)。从图 4 可以看出，随种植年限增加土壤有机质含量有增加趋势，种植年限在 10 a 以上的土壤有机质含量比种植年限在 10 a 以下的土壤高了 82.5%。与漫灌相比，漫灌和滴灌结合的种植区土壤有机质含量低了 18.2% ~ 36.4%。

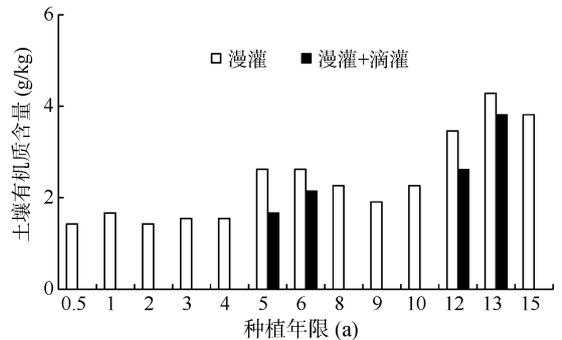


图 5 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤有机质含量

Fig. 5 Soil organic matter contents of tamarisk host woodlands of *Cistanche tubulosa* under different planting years

2.5 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤有效磷和全磷含量

土壤中可被植物吸收的磷组分称为土壤的有效磷,是土壤供磷能力的一个重要指标,对指导施肥有重要意义。本次调查中,管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤有效磷达到适宜水平的占 41.2%,处于缺乏和很缺乏水平的比例分别占到 35.3% 和 23.5%(表 3 和表 4);管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤全磷处于丰富和最适宜水平,分别占 29.4% 和 70.6%(表 3 和表 4)。灌溉方式和种植年限对土壤有效磷和全磷含量影响不大,其平均值分别为有效磷 4.24 mg/kg、全磷 0.55 g/kg(表 4)。

表 4 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤有效磷和全磷含量
Table 4 Soil available phosphorus and total phosphorus contents of tamarisk host woodlands of *Cistanche tubulosa* under different planting years

种植年限(a)	有效磷(mg/kg)		全磷(g/kg)	
	漫灌	漫灌+滴灌	漫灌	漫灌+滴灌
0.5	6.3		0.56	
1	3.9		0.57	
2	0.4		0.46	
3	1.2		0.47	
4	2.4		0.55	
5	3.6	3.9	0.60	0.64
6	6.0	4.0	0.60	0.55
8	3.2		0.49	
9	8.0		0.54	
10	2.5		0.51	
12	4.7	5.4	0.52	0.47
13	6.3	5.2	0.61	0.61
15	5.1		0.59	

2.6 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤速效钾含量

速效钾是土壤供钾能力的重要指标,速效性钾主要是吸附在带负电荷胶体表面的钾离子和以离子形态存在于土壤溶液中的钾^[14]。经调查该地区土壤速效钾含量普遍较高,种植面积中达到很丰富、丰富、最适宜水平的分别占 11.8%、47.1% 和 29.4%(表 3 和图 6),速效钾的平均值为 150 mg/kg。

3 讨论

从此次的调研结果可以看出,柽柳林地连续种植管花肉苁蓉 5 a 后土壤 pH 出现酸化趋势(图 1)。土壤酸化可加重土壤板结,使作物根系伸展困难,发根力弱,根系发育不良使其吸收功能降低,会导致作物长势弱、产量低^[15-16]。文献报道指出导致土壤酸化的原因主要是人为因素,如过量施用氮肥、有机肥投入减

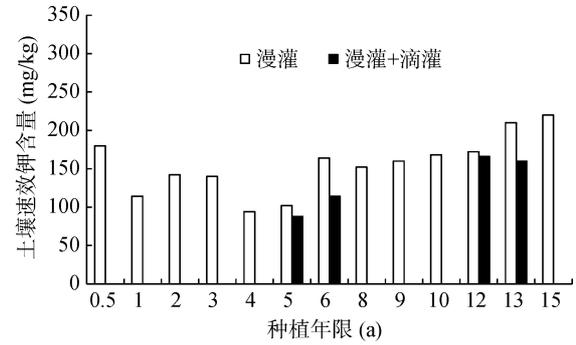


图 6 管花肉苁蓉寄主柽柳林地土壤速效钾含量
Fig. 6 Soil available potassium contents of tamarisk host woodlands of *Cistanche tubulosa* under different planting years

少、工业污染造成的酸雨、连作和种植致酸作物等^[17-18]。该调查区种植的管花肉苁蓉不施用任何肥料,种植区位于塔克拉玛干沙漠南缘无工业污染,连续种植 5 a 后土壤出现酸化趋势推测可能是因为长期种植单一植物,通过管花肉苁蓉带走的盐基离子长期得不到补充,导致土壤离子失衡、pH 降低。为此,该区的管花肉苁蓉种植可尝试进行间作套种等栽培模式,可能有利于缓解土壤酸化的进程。

调查结果也表明,新疆和田地区于田县和民丰县接种管花肉苁蓉的柽柳林地土壤速效钾和全磷含量较高,对照全国第二次土壤普查分级均达到适宜或以上水平(表 3、表 4 和图 6)。该地区土壤中全磷储备丰富,有效磷达到适宜水平的占 41.2%、处于缺乏和很缺乏水平的占 58.8%。磷在土壤中的存在形态不同,对植物的有效性也不同,植物体需要的磷主要来自于土壤磷库中的速效磷,农业生产中一直将土壤中速效磷含量的高低作为土壤磷素丰缺的标准^[19]。土壤中磷的生物有效性受诸多因素影响,如 pH、有机质、温度、水分、微生物及植物根系分泌的质子和有机酸等^[20]。推测可能是该地区极端干旱沙漠气候、土壤有机质含量低等原因导致土壤速效磷含量偏低。

据调查接种管花肉苁蓉的柽柳林地土壤全氮含量在 0.09 ~ 0.72 g/kg,平均值为 0.31 g/kg,对照全国第二次土壤普查分级该地区土壤全氮处于缺乏和很缺乏水平(表 3 和图 3)。该区土壤 EC 值、硝态氮和有机质含量分别为 0.13 ~ 1.53 mS/cm、0.30 ~ 27.1 mg/kg 和 1.43 ~ 4.28 g/kg(图 2、图 4 和图 5),变幅较大,这主要受种植年限和灌溉方式的影响而产生较大差异。从种植年限上,接种管花肉苁蓉在 10 a 及其以上的柽柳林地土壤 EC 值、全氮、硝态氮和有机质含量平均值分别为 1.07 mS/cm、0.64 g/kg、18.06 mg/kg 和 3.45 g/kg,分别比接种 10 a 以内的高 3.6、3.2、4.7 和 1.8 倍(图 2、图 3、图 4 和图 5)。根据新疆和田地

区管花肉苁蓉生产技术标准操作规程(SOP),在田间管理上柽柳林地每年灌溉两次且不施肥^[21],即使生长期不施肥管花肉苁蓉寄主柽柳林地随种植年限增加土壤可溶性盐、全氮、硝态氮和有机质含量仍表现出明显累积,这可能是因为柽柳具有很强的耐盐特性,柽柳从根部吸收盐分,通过体内运输,大量地在叶和细枝中蓄积,并通过蒸腾作用排出体外^[22],柽柳叶中和表面有大量的盐分,秋季落叶后促进了土壤表层盐分和硝酸盐等的累积。此外,随着灌溉水带来的硝酸盐和盐分可能也是种植年限延长而导致土壤表层盐分和硝酸盐累积的原因,尽管这次调研没有同时分析当地灌溉水的水质情况,但从其他类似地区的数据来看,灌溉水含有一定水平的硝酸盐和其他盐基离子^[23]。从灌溉方式上,在种植年限相同的条件下,漫灌结合滴灌比传统的漫灌种植区土壤 EC 值、全氮、硝态氮和有机质含量分别低了 60.6%、48.8%、34.7%和 4.3%(图 2、图 3、图 4 和图 5)。这可能是由于该地区属极端干旱沙漠气候,蒸发量较大,灌水后土壤中的盐分随水分的蒸发表聚在土壤表面,滴灌方式较漫灌方式可使盐分表聚现象显著减缓。经此次调查,接种管花肉苁蓉种植年限在 10 a 以上的柽柳林地已发生明显的次生盐渍化,管花肉苁蓉产量衰退严重。为避免柽柳林地的次生盐渍化、保证管花肉苁蓉的高产稳产,该地区应大力推广滴灌灌溉方式。此外,因该地区土壤全氮、有机质含量普遍缺乏,可酌情施用氮肥,在肥料品种的选择上结合该地区推荐的灌溉方式可优先选用水溶性有机肥。

4 结论

新疆和田地区于田县和民丰县接种管花肉苁蓉的柽柳林地土壤 pH 为中性或微碱性,种植年限达 10 a 以上的土壤呈微酸性且已发生次生盐渍化现象。土壤全氮、有机质含量普遍处于缺乏水平,平均值分别为 0.31 g/kg 和 2.42 g/kg。土壤速效钾和全磷含量较高,均达到适宜或以上水平,调查的种植区内接近一半的种植面积土壤有效磷含量达到适宜水平。

种植年限和灌溉方式对土壤全氮、硝态氮、有机质含量以及 EC 值影响较显著,接种管花肉苁蓉在 10 a 及其以上的柽柳林地土壤全氮、硝态氮含量以及 EC 值比接种 10 a 以内的高 3 倍以上,土壤有机质含量高近 2 倍。改变灌溉方式,从传统的漫灌转为滴灌且在种植年限相同的条件下,可使土壤 EC 值、全氮和硝态氮含量分别降低 60.6%、48.8% 和 34.7%,可有效减缓土壤次生盐渍化的发生。

依据该调查结果,在管花肉苁蓉寄主柽柳林地养分管理上可尝试采用滴灌结合有机水溶肥的水肥管理措施。然而,有机水溶肥的适宜用量还需进一步开展研究。

致谢: 艾尔肯·买提肉孜、赛买提、王新意和王学武参加了部分野外调查工作,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] 王峻,潘胜利. 千层塔的 23 种原植物中石杉碱甲含量[J]. 中国药学杂志, 2009, 44(16): 1212-1214
- [2] 任晓蕾,张海英,李玉珍. 石杉碱甲治疗轻、中度阿尔茨海默病有效性和安全性的 Meta 分析[J]. 中国药房, 2010, 21(10): 909-913
- [3] 李齐激,邹娟,王冲,等. 高效液相色谱法测定昆明石杉中石杉碱甲的含量[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(8): 1961-1962
- [4] 李齐激,潘炉台,邹娟,等. 贵州不同产地千层塔中石杉碱甲的含量研究[J]. 中国民族民间医药, 2007, (6): 364-365
- [5] 杨理明,黄静,李齐激,等. HPLC 法测定台江产千层塔中石杉碱甲的含量[J]. 贵州医药, 2007, 31(7): 644-645
- [6] 巴哈尔古丽·阿尤甫,郭泉水,徐业勇,等. 管花肉苁蓉发展现状、存在问题及发展建议[J]. 防护林科技, 2010, (6): 103-105
- [7] 刘文升,徐文. 新疆人工栽培肉苁蓉产量低而不稳的原因浅析[J]. 防护林科技, 2008, (4): 52-53
- [8] 艾尼瓦尔·依沙木丁,阿不都艾尼·买斯地克. 和田地区红柳大芸冻害调查研究[J]. 沙漠与绿洲气象, 2010, 4(3): 52-54
- [9] 古丽努尔,玉米提·哈力克,艾尔肯·买提肉孜,等. 管花肉苁蓉高产稳产栽培技术研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(2): 755-757
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [11] 刘之广,程冬冬,申天琳,等. 直湖港小流域水蜜桃园土壤养分调查与分析[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(5): 1-8
- [12] 范庆锋,张玉龙,陈重,等. 保护地土壤盐分积累及其离子组成对土壤 pH 值的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 16-20
- [13] 赵学强,施卫明. 水稻根系生长对不同氮形态响应的动态变化[J]. 土壤, 2007, 39 (5): 766-771
- [14] 孙海霞,王火焰,周健民,等. 长期定位试验土壤钾素肥力变化及其对不同测钾方法的响应[J]. 土壤, 2009, 41(2): 212-217
- [15] 张永春,汪吉东,沈明星,等. 长期不同施肥对太湖地区典型土壤酸化的影响[J]. 土壤学报, 2010, 47(3): 465-472
- [16] 范庆锋,张玉龙,陈重,等. 保护地土壤酸化特征及酸化机制研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(3): 466-471

- [17] 于天一, 孙秀山, 石程仁, 等. 土壤酸化危害及防治技术研究进展[J]. 生态学杂志, 2014, 33(11): 3137-3143
- [18] 高建峰, 徐明芳, 丁瑞芬, 等. 土壤酸化的原因、危害与治理对策分析[J]. 上海农业科技, 2015(2): 102-104
- [19] 王永壮, 陈欣, 史奕. 农田土壤中磷素有效性及影响因素[J]. 应用生态学报, 2013, 24(1): 260-268
- [20] 陆文龙, 张福锁, 曹一平. 磷土壤化学行为研究进展[J]. 天津农业科学, 1998, 4(4): 1-7
- [21] 崔旭盛, 杜友, 冯坚冰, 等. 新疆和田地区管花肉苁蓉生产技术标准操作规程(SOP)[J]. 中国现代中药, 2012, 14(6): 31-34
- [22] 张文军, 玉井重信, 矢部胜彦, 等. 利用怪柳改良盐碱地土壤的机制与措施初报[J]. 内蒙古林业科技, 2003(4): 3-7
- [23] 高英. 灌溉水含盐量和盐分累积对作物生长潜力的影响[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2007

Soil Nutrients Status in Tamarisk Host Woodland of *Cistanche tubulosa*

MIN Ju¹, DONG Gangqiang², XIE Wenming¹, LI Yilin¹, JI Rongting^{1,3}, SHI Weiming^{1*}

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2 Amway(China)Botanical R&D Center, Wuxi, Jiangsu 214115, China; 3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: To understand and evaluate soil fertility status and improve soil fertility of tamarisk woodland which is the host of *Cistanche tubulosa*, Yutian and Minfeng counties, where are the most widespread and productive *Cistanche tubulosa* areas in the Hotan region, were selected as the experimental base. Soil samples under different cultivated years and irrigation methods were collected, and soil physical and chemical properties were determined. The results showed that soil total nitrogen and organic matter contents were 0.31 g/kg and 2.42 g/kg, respectively, both belonged to the poor levels according to classification standard of soil fertility of the 2nd National Soil Survey. Soil available potassium and total phosphorus contents were 155 mg/kg and 0.55 g/kg, respectively, both belonged to the suitable levels. Soil available phosphate content ranged from 0.4 to 8.0 mg/kg, and 41.2% and 58.8% of the samples belonged to suitable level and poor level, respectively. Soil pH is neutral or slightly alkaline, but the soil became slightly acidic and secondary salinization occurred in the field which cultivated *Cistanche tubulosa* above 10 years. The shift from traditional flooding irrigation to drip irrigation could reduce soil EC, total nitrogen and nitrate contents by 60.6%, 48.8% and 60.6%, respectively.

Key words: *Cistanche tubulosa*; Rose willow; Soil fertility; Flooding; Drip irrigation; Sandy soil