不同钙肥施用量对乌拉尔甘草产量及品质的影响

张清云[1]，王宁庚[2]，杨朝霞[3]，刘 华[1]，李 明[1]

（1. 宁夏农林科学院 荒漠化治理研究所，宁夏 银川 750002；
2. 宁夏回族自治区盐池县林业局，宁夏 盐池 751500；3 宁夏回族自治区盐池县科技局，宁夏 盐池 751500）

摘 要：[目的] 通过开展不同钙肥施用量对乌拉尔甘草(*Glycyrrhiza uralensis*.)产量及品质的影响研究，为甘草的优质高产栽培提供依据。[方法] 采用田间小区试验方法，比较不同钙肥施用量对乌拉尔甘草株高、药用成分以及地上和地下部生物量的作用。[结果] 钙肥施用量为 450～600 kg/hm^2 时，甘草的产量和植株甘草酸及总黄酮的总量最大，过量的施用钙肥对乌拉尔甘草的生长以及有效成分的含量具有抑制作用。[结论] 适量的钙肥供应有利于乌拉尔甘草的生长以及乌拉尔甘草中有效成分含量的提高。

关键词：乌拉尔甘草；施钙水平；产量；品质

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2015)01-0107-04 **中图分类号**：S143.7

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.01.020

Effects of Different Calcium Fertilizers Application Amount on Yield and Quality of Ural Licorice *Glycyrrhiza Uralensis*

ZHANG Qingyun[1], WANG Ninggeng[2], YANG Zhaoxia[3], LIU Hua[1], LI Ming[1]

(1. *Institute of Desertification Control, Academy of Ningxia Agricultural and Forestry Science, Yinchuan, Ningxia* 750002, *China*; 2. *The Forestry Bureau of Yanchi County in Ningxia Hui Autonomous Region, Yanchi, Ningxia* 751500, *China*; 3. *The Science and Technology Bureau of Yanchi County in Ningxia Hui Autonomous Region, Yanchi, Ningxia* 751500, *China*)

Abstract: [Objective] To investigate the effects of different calcium fertilizer application amount on yield and quality of Ural licorice *Glycyrrhiza uralensis*. [Methods] By field plot experiment, we investigated the effect of different calcium fertilizer application amount on the plant height, medicinal composition and aboveground and underground biomass of *G. uralensis*. [Results] The root yield, glycyrrhizic acid and total flavonoids of *G. uralensis* reached maximum when calcium fertilizer application amount was 450～600 kg/hm^2. Excess amount of calcium fertilizer could inhibit the growth of *Glycyrrhiza uralensis*. [Conclusion] Optimal amount of calcium fertilizer application is crucial to growth and effective components of *G. uralensis*.

Keywords: ***Glycyrrhiza uralensis***; **application rates of calcium fertilizer**; **yield**; **quality**

乌拉尔甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)为豆科(Leguminosae)甘草属(*Glycyrrhiza* Linn.)多年生草本植物[1]，其根及根茎为常用中药材，具有补脾益气、润肺止咳、通经脉、利血气、清热解毒及止咳祛痰润肺的功效。近年来，随着甘草的药理研究日益深入[2]，甘草药物需求量不断增加，仅依靠采挖有限的野生种已不能满足现代化的制药需求。最新医学研究表明，甘草中的甘草酸还具有抑制 HⅣ[3]和 SAS 冠状病毒的作用[4]。除此之外，甘草还广泛用于烟草工业、畜牧业、食品加工及日化等行业[5-7]。甘草多生长于生态环境十分脆弱的干旱半干旱荒漠草原区，是干旱地区宝贵的植物资源[8]。钙是植物生长发育所必需的中量营养元素，它能够稳定细胞膜，促进细胞壁的形成，传递信号，调节信号等。但由于它的移动性小、再利用程度低导致钙在植物体内的运输速率低，一旦缺乏就会在新叶或其他幼嫩器官上表现出缺素症。近年来，关于钙肥对水稻、玉米、小麦施用效果的研究表明，钙肥对作物增产和品质改善效果显著[9-13]。甘草属于喜钙植物，是钙质土壤的指示植物[14]，研究不同钙肥施用量对乌拉尔甘草生长、产量和品质的综合影响，为甘草的优质高产栽培提供施肥依据，也为甘草专用肥的制备奠定基础。

收稿日期：2014-01-10 **修回日期**：2014-02-17

资助项目：宁夏科技攻关项目“宁夏中部干旱风沙区甘草产业发展关键技术研究与示范”；国家科技支撑项目“甘草规范化基地优化升级及系列产品综合开发研究”(52011BAI05B001)；宁夏农林科学院科技创新先导资金项目“甘草连作障碍因素及解除措施研究”(NKYJ-14-25)

第一作者：张清云(1964—)，男(汉族)，宁夏盐池县人，学士，副研究员，主要从事防沙治沙与药用植物研究。E-mail:nxzhqy@163.com。

通信作者：李明(1965—)，男(汉族)，宁夏平罗县人，硕士，研究员，主要从事防沙治沙与药用植物研究。E-mail:lm.nxpl@163.com。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于宁夏红寺堡绿苑工贸有限公司甘草种植基地。红寺堡开发区属鄂尔多斯台地的过渡地带，海拔 1 240 m，无霜期 155 d，日平均气温 8.4 ℃，≥10 ℃的年有效积温平均为 2 963.1 ℃，年太阳总辐射 143.9 kJ/cm^2，年日照时数达 3 036.4 h，气候为海洋性温暖带湿润季风气候向温带大陆性干旱气候过渡区。该区四季分明，春季多风、夏季炎热、秋季凉爽和冬季寒冷，年降雨量为 277 mm，蒸发量为 2 050 mm，干燥度 3.1。气候特点是气温低、温差大、冬季长、降水少、蒸发量大和多风沙，属典型的大陆性气候，也是甘草种植的适宜区[15]。供试土壤基本状况见表 1。

表 1 供试土壤基本性状

土层深度/cm	有机质/(g·kg^{-1})	全氮/(g·kg^{-1})	全磷/(g·kg^{-1})	全钾/(g·kg^{-1})	速效 N/(mg·kg^{-1})	速效 P/(mg·kg^{-1})	速效 K/(mg·kg^{-1})	pH 值	全盐/(g·kg^{-1})
0—30	2.25	0.07	0.18	16.5	8.3	4.5	70.2	8.51	0.23

1.2 试验材料

供试材料为乌拉尔甘草 1 年生混合种苗，苗长 22～24 cm，茎粗 0.5～0.6 cm，供试肥料为当地产生石灰粉，主要成分 CaO，生石灰粉含 CaO 为 95%。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计，设置 6 个不同施钙水平，小区面积 3 m×11 m，每小区施钙量分别为 0，0.5，1，1.5，2 和 2.5 kg，以不施钙肥为对照，重复 3 次，施肥方法是种植前把钙肥均匀撒施在小区内，然后用人工翻入地下 20 cm 以上，供试甘草种苗于 1 周后人工移栽，行距 30 cm，株距 10 cm，移栽深度 10 cm，每小区定植 890 株，移栽完后灌第 1 水，以后田间管理、施肥和除草等管理一致，2012 年 11 月 10 日采挖。

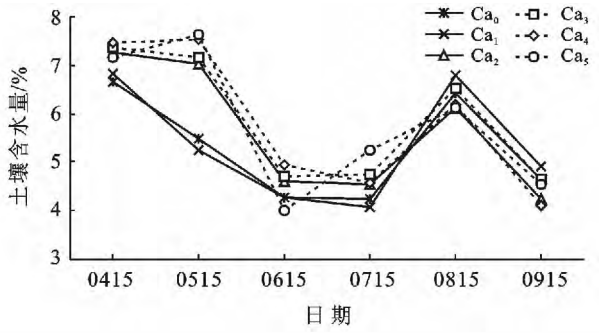
1.4 数据采集与处理

在甘草生长期间，每月 15 日采用德国产 TDR 对甘草地 0—100 cm 的水分分层进行测定(每 20 cm 为一层)；每月的 15 日和 30 日对甘草的株高进行测定、叶片的 SPAD 值通过 SPAD 502 叶绿素计进行测定；采用人工采挖，采挖深度为 40 cm，采挖后对甘草的根长、茎粗和产量进行测定，测产后每小区任选 5 株进行甘草酸含量和甘草黄酮含量的测定，其测定方法是采用煎煮法提取浸液，并用 HPLC 法(日立 u-3210 紫外分光光度计)检测甘草酸和总黄酮含量[16-17]。

2 结果与分析

2.1 不同施钙量对甘乌拉尔甘草地土壤水分变异

由图 1 可以看出，不同施钙水平对甘草地的土壤水分影响不大，施钙肥的土壤含水量比对照略高，但无明显差异。由图 2 可知，乌拉尔甘草地的土壤水分变化整体与降雨量的变化趋势相一致，可说明不同施钙量对乌拉尔甘草地土壤含水量影响比较小。



注：Ca_0，Ca_1，Ca_2，Ca_3，Ca_4，Ca_5 分别代表施钙量 0，0.5，1，1.5，2，和 2.5 kg。下同。

图 1 乌拉尔甘草地不同施钙水平土壤水分变化

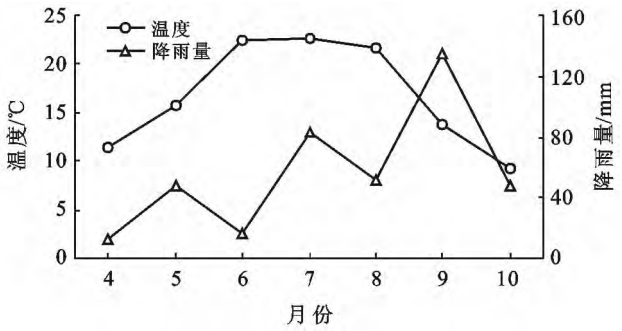


图 2 乌拉尔甘草地气温和降雨量变化

2.2 不同施钙量对乌拉尔甘草出苗的影响

由表 2 可以看出，随着供钙量的增加，甘草出苗率也随着增加，但甘草出苗率没有明显的增加；甘草在第 2 a 返青时，Ca_1—Ca_4 处理，返青率随着施钙量的增加而显著增大，返青率明显提高，Ca_3 处理达到最大值 810 株，返青率为 91.94%，较对照增加了 18.59%，随着钙量的增加，返青率开始逐渐降低。说明在该试验范围内钙肥能促进甘草出苗率的增加，尤其是第 2 a 返青率增加更加明显。

2.3 不同施钙量对乌拉尔甘草生长的影响

由表 3 可以看出，随着施钙量增大，株高、主根长

度和径粗的增长量随之增大,说明在人工移栽乌拉尔甘草中钙肥能够促进甘草株高和地下部分的生长。尤其是在第 2 a 返青后,随着施钙量的增大,甘草的株高、主根长度和径粗显著增大,Ca_3 处理达到最大值,随着钙量的增加,甘草的株高、主根长度和径粗呈下降趋势,说明适量的钙肥能促进甘草株高、主根长度和径粗的增加,而过多的钙肥反而使得甘草的生长受到抑制,表明供给过量的钙肥不利于甘草的生长。

表 2　不同施钙量对甘乌拉尔草出苗的影响

处理	小区移栽苗数/株	保苗数/株	出苗率/%	较对照/%	返青苗/株	返青率/%	较对照/%
Ca_0	890	840	94.38	—	683	81.31	—
Ca_1	890	861	96.74	2.5	743	86.29	8.78
Ca_2	890	882	99.10	5.0	789	89.46	15.52
Ca_3	890	881	99.10	4.88	810	91.94	18.59
Ca_4	890	879	98.76	4.64	803	91.35	17.57
Ca_5	890	845	94.94	0.59	721	85.32	5.56

表 3　不同施钙量对乌拉尔甘草生长的影响　cm

处理	株高		主根长		径粗	
	1 a	2 a	1 a	2 a	1 a	2 a
Ca_3	31.5aA	38.5aA	32aA	34.2aA	0.79aA	1.78aA
Ca_4	30.2aA	37.6aA	31.8aA	32.6aA	0.76aA	1.71aA
Ca_2	29.6aA	34.6aA	29.1aA	31.5aA	0.71aA	1.56aA
Ca_1	27.8bB	33.2bB	26.8bB	28.3bB	0.68bB	1.28bB
Ca_5	26.3bB	33.4bB	24.6bB	25.9bB	0.67bB	1.26bB
Ca_0	26.1bB	31.5bB	24.7bB	25.6bB	0.61bB	1.02bB

注:不同大小写字母表示在 0.05,0.01 水平上的差异显著性。

2.4　不同钙量施用量对乌拉尔甘草叶绿素相对含量的影响

由图 3 和图 4 分别是不同施钙量对 1,2 年生乌拉尔甘草叶绿素相对含量影响的动态变化曲线。从图 3—4 上 2 个曲线变化可看出,随着移栽乌拉尔甘草生长年限的增加,生长 1 a 和 2 a 的乌拉尔甘草叶片的 SPAD 值都呈现先升高再降低的趋势,在 7 月 15 日左右的 SPAD 值达到最大值,说明宁夏乌拉尔甘草在这个时期地上部分生长达到旺盛期,随后出现逐渐降低的趋势。另外,从乌拉尔甘草生长后期叶绿色相对含量的下降趋势看,Ca_3 和 Ca_4 的处理明显低于其他处理,表明在乌拉尔甘草栽培中,增加钙肥的施用量,可有效增加乌拉尔甘草叶片的光合作用,对地上部分生物量的生长有明显的促进作用。

2.5　不同施钙量对乌拉尔甘草产量的影响

由表 4 可以看出,随着供钙量的增大,乌拉尔甘草地上部分和地下部分增长量随之增大,说明在本试验范围内钙肥能促进乌拉尔甘草地上部分和地下部分的生长。从 Ca_1—Ca_3 处理看,甘草的地上和地下产量随着施钙量的增大而显著增大,Ca_3 处理达到最大值,地上部分鲜重 549 kg,地下部分鲜重 753 kg。Ca_4,Ca_5 处理甘草的地上和地下产量反而低于 Ca_3 处理。说明适量的钙肥能促进甘草的地上和地下部分的干物质的积累,而过多的钙肥反而使得甘草的地上和地下部分的干物质积累量下降。

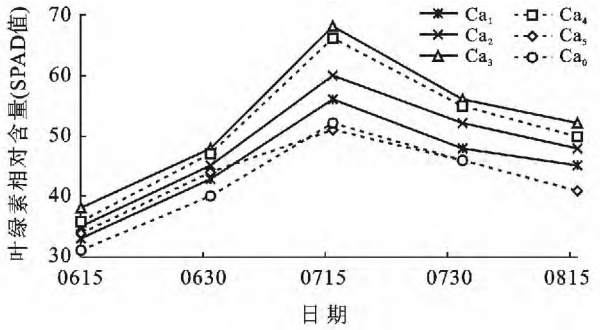


图 3　不同钙肥施用量对 1 年生乌拉尔甘草叶绿素相对含量的影响

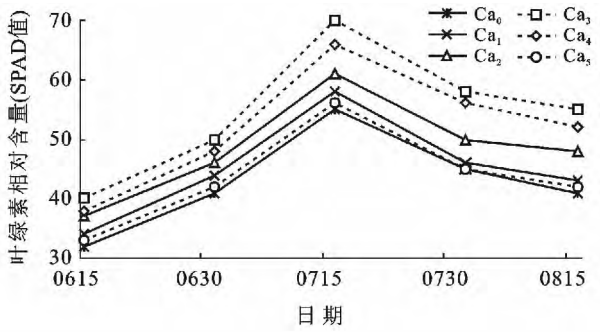


图 4　不同钙肥施用量对 2 年生乌拉尔甘草叶绿素相对含量的影响

2.6　不同施钙肥量对乌拉尔甘草品质的影响

不同施钙肥量对乌拉尔甘草甘草酸含量的影响(图 5)。不同施钙肥量对乌拉尔甘草总黄酮含量的影响见图 5—6。甘草酸和甘草总黄酮是甘草的主要药用成分,由图 5 和图 6 可以看出,乌拉尔甘草移栽 1 a以上其含量均超过药典规定的含量[18]。由图 3 和图 4 可知,Ca_0—Ca_5 处理,根部的甘草酸和甘草总黄

酮相对含量随着施钙量的增大逐渐增大，其中，含量最高的均是 Ca_3 处理；当施钙量大于 Ca_3 处理时，甘草酸和甘草总黄酮的相对含量降低，但 Ca_3 处理与 Ca_4 和 Ca_5 处理的甘草酸含量没有显著差异。

表 4 不同施钙量对甘草产量的影响

处理	1 年生甘草				2 年生甘草			
	地上鲜重/(kg·m^{-2})	产量/(kg·hm^{-2})	地下鲜重/(kg·m^{-2})	产量/(kg·hm^{-2})	地上鲜重/(kg·m^{-2})	产量/(kg·hm^{-2})	地下鲜重/(kg·m^{-2})	产量/(kg·hm^{-2})
Ca_0	0.32	3 210	0.47	4 725	0.53	5 295	0.86	8 580
Ca_1	0.35	3 480	0.55	5 520	0.58	5100	0.93	9 270
Ca_2	0.38	3 825	0.61	6 090	0.65	6 540	1.02	10 245
Ca_3	0.44	4 425	0.72	7 155	0.82	8 235	1.13	11 295
Ca_4	0.41	4 095	0.59	5 910	0.78	7 815	1.08	10 755
Ca_5	0.36	3 570	0.57	5 730	0.62	6 150	0.96	9 570

注：甘草产量以鲜重为依据。

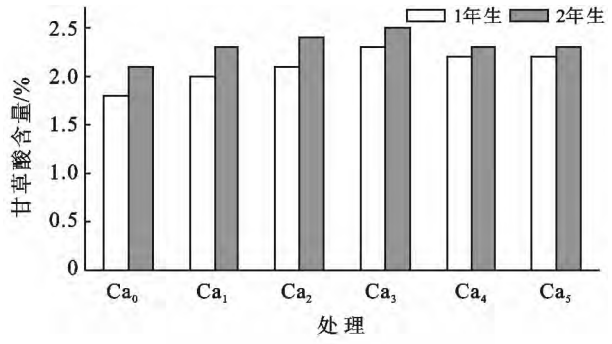


图 5 不同施钙量对移栽不同年限乌拉尔甘草酸含量的影响

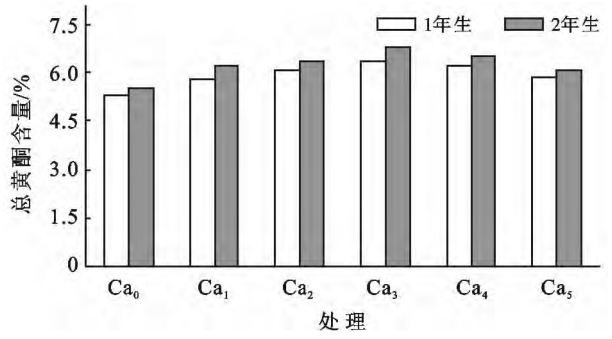


图 6 不同施钙量对移栽不同年限乌拉尔甘草总黄酮含量的影响

3 结论

本试验采用钙肥一次性施入的方式对不同水平钙肥施用量对乌拉尔甘草生长及品质影响进行研究。通过对移栽 1，2 a 乌拉尔甘草的生长、产量和有效成分含量的调查表明，适量的钙肥供应有利于乌拉尔甘草的生长以及对乌拉尔甘草中有效成分含量的提高，过量的施用对乌拉尔甘草的生长以及有效成分的含量具有抑制作用。

在甘草的人工栽培中，适量的钙肥能有效促进乌拉尔甘草的生长、改善乌拉尔甘草的品质，过低或过高的钙肥量都不利于甘草的生长。由于试验材料为苗期的甘草，Ca_3(450 kg/hm^2)处理的产量最高，长势最好，合成的甘草酸和甘草黄酮含量均最高，相对于甘草 2～3 a 的生长期来讲，施钙量为 Ca_3(450 kg/hm^2)处理时，营养生长更旺盛，合成药用成分次生代谢产物的能力更强，为乌拉尔甘草后期的生长发育及药用成分积累奠定了基础。

[参 考 文 献]

[1] 张翔宇，王一涛. 甘草资源困境分析与保护策略[J]. 国土与自然资源研究，2009(3)：95-96.

[2] 李殿树. 栽培技术对药用植物有效成分含量的影响[J]. 中药材科技，1980(1)：43-47.

[3] Cohen J I. Licking latency with licorice[J]. The Journal of Clinical Investigation, 2005,115(3):591-593.

[4] Cinatl J, Morgenstern B, Bauer G, et al. Glycyrrhizin, an active component of liquorice roots, and replication of SARS-associated coronavirus[J]. The Lancet, 2003, 361(9374): 2045-2046.

[5] 张继，姚健，丁兰，等. 甘草的利用研究进展[J]. 草原与草坪，2000，89(2)：12-16.

[6] 王照兰，杜建材，于林清，等. 甘草的利用价值、研究现状及存在的问题[J]. 中国草地，2002，24(1)：73-76.

[7] 孔红，闫训友，史振霞. 豆科甘草属植物研究进展[J]. 北方园艺，2007(7)：70-72.

[8] 王玉庆，贺润喜. 固沙植物甘草与土地荒漠化探析[J]. 中国生态农业学报，2004，12(3)：194-195.

[9] 张学军，冯卫东，宋德印，等. 施用硅钙磷肥对水稻生长产量及品质的研究初报[J]. 宁夏农林科技，2001(1)：37-38.

[10] 兰雨锋. 水稻施用硅钙肥效果试验[J]. 垦殖与稻作，2006(S)：99-101.

[11] 张金盛，赵振达，蒋德勤，等. 水稻施用硅钙复混肥效应研究[J]. 天津农业科学，1999，5(2)：15-17.

(下转第 117 页)

[2] 戴亚南,张鹰. 江苏沿海地区海洋灾害类型及其防治探讨[J]. 生态环境,2006,15(6):1417-1420.
[3] 赵育鹏,鲁小珍,艾鹏,等. 江苏省沿海沙质海岸现状及防护林防蚀耐盐树种选择基本原则[J]. 安徽农业科学,2013,41(10):4433-4435.
[4] 万福绪,韩玉洁. 苏北沿海防护林优化模式研究[J]. 北京林业大学学报,2004,26(2):31-36.
[5] 汪灵丹,张日清. 榉树的研究进展[J]. 广西林业科学,2006,34(4):188-191.
[6] 陈益泰,陈雨春,黄一青,等. 抗风耐盐常绿树种弗吉尼亚栎引种初步研究[J]. 林业科学研究,2007,20(4):542-546.
[7] 王树凤,陈益泰,孙海菁,等. 盐胁迫下弗吉尼亚栎生长和生理生化变化[J]. 生态环境,2008,17(2):747-750.
[8] 孙金环. 金叶女贞扦插生根试验研究[J]. 河北林业科技,2005,2(1):9-10.
[9] 蔡平,毛建萍,陆小燕,等. 金叶女贞假尾孢病害的生物学特性和杀菌剂筛选[J]. 江苏林业科技,2005,32(2):5-7.
[10] 樊后保,臧润国. 女贞种子和幼苗对模拟酸雨的反应 3[J]. 林业科学,2000,36(6):90-94.
[11] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
[12] Fischer R A, Turner N C. Plant productivity in the arid and semiarid zones[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1978,29(1):277-317.
[13] Mukherjee S P, Choudhuri M A. Implication of hydrogen peroxide-ascorbate system on membrane permeability of water stressed Vigna seedlings[J]. New Phytologist, 1985,99(3):355-360.
[14] 房全孝,陈雨海,李全起,等. 灌溉对冬小麦水分利用效率的影响研究[J]. 农业工程学报,2004,20(4):34-39.
[15] 狄晓艳,朱小琪,马建平,等. 土壤水分胁迫对 5 个种源油松光合特性的影响[J]. 植物研究,2009(5):539-543.
[16] 刘淑明,陈海滨,孙长忠,等. 黄土高原主要造林树种的抗旱性研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(4):149-153.
[17] 史小玲,薛立,任向荣,等. 华南地区 4 种阔叶幼苗水分胁迫条件下的抗旱性初探[J]. 林业科学研究,2012,24(6):760-767.
[18] 王瑞霞,王素琴,李少宏,等. 不同扦插处理对爬地柏成活率的影响[J]. 现代农业科技,2009(19):220-220.
[19] 景茂,曹福亮,汪贵斌,等. 土壤水分含量对银杏光合特性的影响[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2005,29(4):83-86.

(上接第 106 页)

[15] 齐华,刘明,张卫健,等. 深松方式对土壤物理性状和玉米根系分布的影响[J]. 华北农学报,2012,27(4):191-196.
[16] 田大伦,陈书军. 樟树人工林土壤水文—物理性质特征分析[J]. 中南林学院学报,2005,25(2):1-6.
[17] Singer M J. Physical properties of arid region soils[M]. Skujins J(ed). Semiarid and deserts: soil resource and reclamation New York: Marcel Dekker, 1991:81-109.
[18] 王国梁,刘国彬,周生路. 黄土丘陵沟壑区小流域植被恢复对土壤稳定入渗的影响[J]. 自然资源学报,2003,18(5):529-535.
[19] 龙怀玉,蒋以超,李韵珠. 褐土与潮土吸附动力学研究[J]. 土壤学报,2000,37(4),563-568.
[20] 王喜艳,张亚文,冯燕,等. 玉米秸秆深层还田技术对土壤肥力和玉米产量的影响研究[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(6):103-107.
[21] 朱利群,张大伟,卞新民. 连续秸秆还田与耕作方式轮换对稻麦轮作田土壤理化性状变化及水稻产量构成的影响[J]. 土壤通报,2011,42(1):81-85.
[22] 杨帆,李荣,崔勇,等. 我国南方秸秆还田的培肥增产效应[J]. 中国土壤与肥料,2011(1):10-14.
[23] 董水丽,王海仓. 焚烧秸秆对土壤养分及水分的影响[J]. 陕西农业科学,2011,57(3):90-92.

(上接第 110 页)

[12] 肖德全,孙继文,邵振海. 玉米施硅钙肥效果分析[J]. 植保技术,2005(6):8-9.
[13] 贺立源,江世文. 小麦施用硅钙肥效应的研究[J]. 土壤肥料,1999(3):8-11.
[14] 安钰,李明,张清云,等. 外援钙对甘草种子萌发及幼苗生长的影响研究[J]. 宁夏农林科技,2011,52(9):89-90,94.
[15] 张清云,李强,蒋齐,等. 氮磷钾互作效应对甘草产量影响的研究[J]. 土壤通报,2009,40(5):1119-1122.
[16] 王巧娥,沈金灿,于文佳,等. 甘草中甘草酸的微波萃取[J]. 中草药,2003,34(5):407-409.
[17] 李炳奇,汪河滨,李学禹,等. 超声法联合提取甘草黄酮和甘草酸的研究[J]. 山东中医杂志,2005,24(1):38-40.
[18] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 北京:化学工业出版社,2001:65-66.