

## 喀斯特石漠化区植被演替过程中土壤质量研究

——以广西都安澄江小流域为例

廖赤眉<sup>1</sup>, 胡宝清<sup>2\*</sup>, 苏广实<sup>3</sup>, 莫玉凤<sup>2</sup> (1 北京师范大学地理与遥感科学学院, 北京 100875; 2 广西师范学院资源与环境科学学院, 广西南宁 530003; 3 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州贵阳 550002)

**摘要** 采用空间序列代替时间序列的方法, 研究喀斯特石漠化区植被演替过程中土壤质量变化特征。以广西都安澄江小流域为例, 选取 4 个植物演替阶段, 即乔木、灌丛、灌草丛、草丛的典型样地, 对该地区土壤理化性质进行分析, 研究植被演替对土壤质量特征的影响。结果表明: 在石漠化地区植被演替过程中, 土壤含水量、pH 值、有机质、氮、磷、钾等含量均有一定程度的下降。导致这一变化的主要原因是植被生长情况、土壤养分积累能力等。

**关键词** 土壤质量; 植被演替; 石漠化; 澄江小流域; 广西都安

**中图分类号** S154.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)35-17626-04

Research on the Soil Quality during the Vegetation Succession Process in Karst Rocky Desertification Area

LIAO Chimei et al. (School of Geography Beijing Normal University Beijing 100875)

**Abstract** The characteristic of soil quality during the vegetation succession process about rocky desertification in Karst regions of Guangxi was studied by using the method of the spatial sequence instead of the time series. Taking Chengjiang small watershed in Du'an County of Guangxi as an example, four stages of the reversal succession process about rocky desertification were chosen, including the typical plots of the aboriginal shrubs, bushes and short grass. The chemical and biological characters of soil and further discuss repair state of soil quality during the vegetation succession process about rocky desertification were studied. The results showed that different succession stage led to the remarkable discrepancy of the chemical and biological character of soil. With the improvement of each soil index during the developing process of the vegetation to higher stage, soil quality generally presents improved state. With the positive succession of vegetation, soil quality presented the rising trend. The positive evolution of natural vegetation was an effective path of improving the soil quality and it just contrasted with the process of rocky desertification.

**Key words** Soil quality; Vegetation succession; Karst rocky desertification; Chengjiang small watershed; Du'an County of Guangxi

岩溶区长期不合理的土地利用、过度垦殖, 已造成严重水土流失, 石漠化面积迅速扩大, 生态环境日益恶化。目前, 一些学者围绕石漠化过程从不同的角度对其土壤结构特性、化学性状、微生物生物量和酶活性进行了探讨<sup>[1-4]</sup>, 为指导喀斯特地区生态恢复起到了积极作用。石漠化是在亚热带喀斯特地域环境背景下, 由于土地利用与土地覆被变化, 引起土壤严重侵蚀、基岩大面积裸露、土地生产力急剧下降、地表出现类似荒漠景观的土地退化过程。石漠化的扩展意味着生存环境的丧失, 主要表现在植被破坏、地表形态变化、土壤质量变劣和土地生产力下降<sup>[5-7]</sup>, 其整体退化过程一般为林退—草毁—陡坡开垦—土壤侵蚀—岩石裸露—石漠化, 石漠化是喀斯特生态系统退化演替的顶级阶段。土壤系统是喀斯特生态系统的重要组成部分, 土壤退化既是植被系统退化的必然结果, 又对植被系统和土地系统生产力产生着很大影响。为此, 笔者以广西都安县澄江小流域石漠化治理区作为研究区域, 研究喀斯特石漠化地区植被演替进程中土壤质量变化特征, 探讨土壤质量变化与石漠化过程的关系。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究地区概况

选择澄江小流域为研究区域, 它是广西喀斯特石漠化治理生态系统恢复演替典型区域。澄江小流域位于广西中部都安县中南部、马山县以北的红水河段, 澄江发源于大兴乡九顿村地下河出口处, 向南流经大兴、高岭、

安阳、澄江等乡、镇, 至红渡村汇入红水河, 流程 41 km。地处 107°46'19"~108°18'50" E, 23°48'48"~25°24'30" N。在流域的上、中、下游分别分布着中峰丛洼地、低峰丛洼地、峰林谷地、峰丛谷地、河谷地貌、土山丘陵等地貌类型。境内峰峦重叠, 洼地密布, 俗称“千山万弄”。小流域属南亚热带季风气候区北缘, 光热资源丰富, 全年实际有霜日在 3 d 以下, 最热月均温约 28℃, 绝对最高温 38℃。年均降水量近 1 700 mm, 但时空分布不均, 主要降雨集中在 5~8 月, 占全年雨量的 80% 以上, 而且多为大雨或暴雨, 使得地表产流容易, 也易于随着裂隙直接流入地下, 既导致了地表水的流失, 也可能污染地下水源, 而一旦停雨就出现干旱, 形成特有的雨季干旱现象, 在其余月份降雨很少, 常几个月不下雨, 导致严重的“喀斯特干旱”。土壤以石灰岩土和石灰性土为主, 土壤结构不良, 质地黏重, 缺乏团粒结构, pH 值一般在 6.5 以上, 易旱, 吸湿水含量低, 土壤水、肥、气、热不平衡。石漠化研究区概况见表 1。

## 1.2 土壤样品采集与测试方法

### 1.2.1 土壤样品采集与处理

从石漠化发生过程中生态系统演替的序列(乔木—灌丛—灌草丛—草丛)出发, 采用以空间替代时间的方法进行样品采集。利用遥感图谱确定研究区石漠化分布情况, 再通过实地观察确定采样位置, 样地规格为 10 m×10 m。取样时在样地内采用 S 型采集表层土壤(0~20 cm), 每个样地共采集 5 个土壤样品, 混合均匀, 带回实验室风干、碾磨、过筛, 再进行土壤物理、化学性质的测定。各理化性质分别求 2 个平行的均值进行分析。分 3 次不同时间采样, 分别为 2008 年 4 月 26~29 日, 8 月 28 日~9 月 1 日, 9 月 20~23 日。土壤样品基本上代表了河池都安县澄江小流域不同土地石漠化程度的植被类型。

**基金项目** 国家自然科学基金(40661005, 40871250); 广西自然科学基金项目(0731068, 0832021Z); 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-06-0760)。

**作者简介** 廖赤眉(1963—)男, 广西柳州人, 博士, 教授, 从事土地资源与区域发展、喀斯特资源环境信息与石漠化治理研究。  
\*通讯作者, E-mail: hbf123@163.com

**收稿日期** 2009-02-03

表 1 石漠化研究区概况  
Table 1 The general situation of the rocky desertification study area

植被类型 Vegetation types	坡向(NE) // ° Slope direction	坡度 // ° Slope gradient	海拔 // m Elevation	基岩裸露率 // % Bare bedrock rate	植被盖度 // % Vegetation coverage	土壤类型 Soil types	土层厚度 // cm Soil depth
乔木	68	42	222	0	80以上	棕色石灰土	50左右
灌丛	40	35	230	30	60~80	棕色石灰土	30~40
灌草丛	40	40	192	30~40	40~60	棕色石灰土	20~30
草丛	20	43	244	40~50	<40	棕色石灰土	<20

1.2.2 土壤物理性质测定。比重测定:利用比重瓶,将已知质量的过 2 mm 孔径筛的风干土样放入液体中,排尽空气,求出由土壤代换出的液体的体积,以烘干土样质量除以体积,即得土壤比重;土壤风干土含水量测定:选取混合均匀的风干土样,压碎,过 2 mm 孔径筛,取适量样品在 (105 ± 2) °C 下烘干至恒重,称重,即为土壤样品所含水分的质量。

1.2.3 土壤化学性质的测定。pH 值测定:采用酸度计法(土水比 1:2);土壤有机质含量测定:采用油浴加热重铬酸钾氧化-容量法,即在加热条件下,用过量的重铬酸钾-硫酸溶液氧化土壤有机碳,多余的重铬酸钾用硫酸亚铁铵标准溶液滴定,以样品和空白消耗重铬酸钾的差值计算出有机质含量;土壤全氮含量测定:采用酸式滴定法,取适量过 0.25 mm 孔径筛的风干土在加速剂的参与下用浓硫酸消煮,各种含氮有机化合物经过复杂的高温分解转化为铵态氮,碱化后蒸馏出来的氨用硼酸吸收,此时氨中的氮即为全氮;土壤全磷含量测定:将土壤样品与氢氧化钠熔融,使土壤中含磷物质转化为正磷酸盐并使之与显色剂反应,使之显色,再用紫外分光光度法测定;土壤全钾含量测定:将土壤中的有机物与各种矿物在高温及氢氧化钠熔剂作用下被氧化分解,再用硫酸使钾转化为钾离子,用原子吸收光谱仪测定;土壤碱解氮含量测定:采用酸式滴定法,将土壤样品在碱性条件下水解成铵态氮,再用硼酸吸收,此时测定的即是碱解氮;土壤速效磷含量测定:用碳酸氢钠溶液提取水溶性磷,再用钼锑抗比色法定量测定;土壤速效钾含量测定:以乙酸铵溶液为浸提液,浸出的钾可直接采用原子吸收光谱仪测定。

土壤样品自然风干后用玛瑙碾钵碾细,过筛密闭保存,过 2 mm 筛的土壤用于土壤有效态养分含量测定,过 1 mm 的

土壤用于酶的测定,过 0.25 mm 的土壤用于土壤化学性质测定。以上测定都按照国标进行。

1.3 数据处理 采用 SPSS 3.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

2.1 植被演替过程中土壤质量变化特征 土壤养分、微生物和酶是生态系统的重要组成部分<sup>[8]</sup>。土壤养分含量直接影响林木的生长,而土壤酶参与土壤的许多重要的生物化学过程和物质循环,可以客观地反映土壤肥力状况<sup>[9-10]</sup>;土壤酶催化土壤中的一切生物化学反应,对土壤肥力有重要影响;另外,土壤酶是土壤质量变化中比较敏感的一种生物性质指标<sup>[10]</sup>,能指示土壤养分的分解以及林木对土壤中营养物质的吸收情况,能综合反映土壤理化性状和生物学性状,可用于评价土地利用对土地长期生产力的影响<sup>[11-12]</sup>。

从表 1、2 可以看出,不同阶段的土壤 pH 值、有机质含量和土壤全氮、磷、钾含量及速效氮、磷、钾含量存在显著差异,土壤质量均随着生态系统恢复演替不断提高。石漠化土地与自然恢复林地相比,除土壤 pH 值的变化趋势不是很明显之外,其他土壤化学性质、生物性质的各指标均有较大幅度的上升。土壤微生物以及土壤中比较重要的 4 种酶的变化也具有同样规律。土壤微生物数量结合土壤酶是反映土壤生物学活性和土壤质量较好的指标。坡耕地土壤的化学、生物学性质与恢复林地相比,各指标也有非常明显的下降,土壤质量接近于石漠化土壤,土质劣化现象比较严重。由此可见,由林地、草地向坡耕地、石漠化土地恢复演化过程中,有机质全氮、磷、钾和速效氮、磷、钾及过氧化氢酶、转化酶、蛋白酶、脲酶等生物富集养分也在不断增强,土壤质量上升迅速。

表 2 恢复演替不同阶段土壤化学性质  
Table 2 The soil chemical nutrients in different stages of restoration succession

样地序列 Sample series	样本数 Sample number	pH 值 pH value	有机质 // g/kg Organic matter	全 N // g/kg Total N	全 P // g/kg Total P	全 K // g/kg Total K	速效 N // mg/kg Quick acting N	速效 P // mg/kg Quick acting P	速效 K // mg/kg Quick acting K
乔木	5	6.87 b	36.8	1.42 ab	0.90 bcd	3.90 b	138 b	2.44 b	23.29 b
灌丛	5	5.84 c	38.4	1.50 ad	0.92 bcd	5.00 d	148 d	6.79 d	60.76 d
灌草丛	5	6.92 b	38.9	1.87 bcde	1.01 bcde	5.89 e	153 e	8.48 e	85.61 e
草丛	5	7.80 a	40.5	2.01 df	1.00 e	8.68 f	178 f	8.20 f	86.98 f

注:数据后同列不同小写字母表示不同演替阶段在 0.05 水平上有显著差异(LSD法)。

Note: Different small letters in the same column mean significant difference at 0.05 level.

2.2 植被演替对土壤质量的影响 都安县澄江小流域不同植被演替阶段土壤物理、化学性质各指标的测定结果表明,因为植物群落内种类组成和群落特点的不同,在其不同的植被演替阶段土壤的各项物理、化学指标存在一定差异。随着植被类型的改善,植被演替后期土壤养分相对得到了改善。

### 2.2.1 植被演替对土壤物理性质的影响

2.2.1.1 对 pH 值的影响。由图 1 可知,研究区土壤 pH 值偏碱性,其值均在 7.1~7.8。pH 值偏碱性是由于喀斯特区岩溶水的影响,土壤含钙质较多, pH 值也相对较高。土壤 pH 值随着植被演替的进展逐渐降低,一方面是因为降水对植被和地表枯落物产生淋溶作用后,使其水的 pH 值有所降低;另一方面,植物枯落物的分解可生成较多的 CO<sub>2</sub> 和有机酸,降

低了土壤的 pH 值。

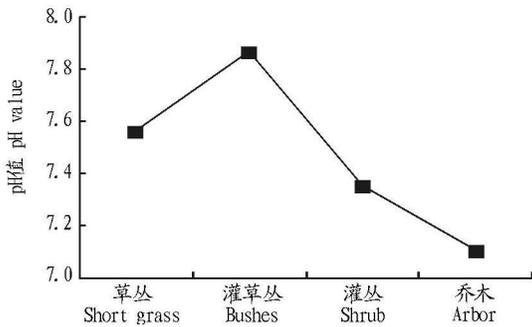


图 1 植被各演替阶段 pH 值的变化趋势

Fig 1 The change trend of pH value in various succession stages of vegetation

2.2.1.2 对土壤含水量的影响。由图 2 可知,随着植被演替的进行,土壤含水量依次增加,乔木层土壤含水量最高,其次是灌丛、灌草丛,含水量最少的是草丛。乔木层植被土壤含水量最高,其原因一是树冠对降水的截流作用,使得水分慢慢渗入土层,减少了地表径流;二是树冠对太阳辐射的遮蔽作用,使得地表温度较低,地表水分蒸发量减少;三是乔木下面的植被密集,以及枯枝落叶层较厚,因此涵养水源能力最好。草丛的含水量最低,可能是由于其地上部分生物量小、根系浅,对水分的截流作用较弱,地表部分裸露,枯枝落叶层最少,因而蒸发量大,从而含水量最低。而在石漠化地区,若植被盖度很低,基岩裸露率高,则含水量迅速减小,会使得这些地区常年表现出特有的“岩溶干旱”现象。

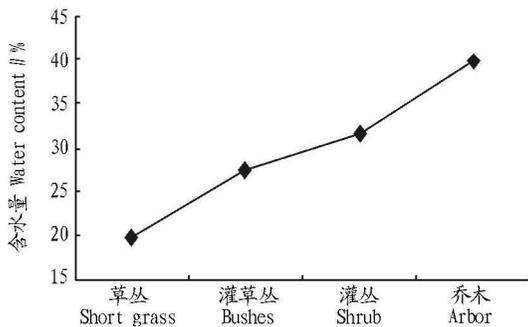


图 2 植被各演替阶段土壤含水量的变化趋势

Fig 2 The change trend of soil water content in various succession stages of vegetation

2.2.2 对土壤化学性质的影响。

2.2.2.1 对有机质含量的影响。有机质是土壤的重要组成部分,它在土壤肥力、农业可持续发展等方面都有着很重要的作用和意义:一方面它含有植物生长所需要的各种营养元素,是土壤微生物生命活动的能源;另一方面,它对土壤物理结构、含水量,土壤营养元素全量含量、土壤营养元素有效性和土壤生物学性质都有深刻的影响。喀斯特山区随着乔木—灌丛—灌草丛—草地的演替,植被盖度及多样性随退化程度加深而下降,研究区光照、养分、水分等生态因子发生剧烈的变化,土壤养分也发生明显变化。

由图 3 可知,随着植被演替过程的进行,土壤有机质含量逐渐增大。这与研究地区植被生长情况、气候条件、人为作用等多种因素有关。该研究区域位于都安县澄江小流域,气候条件以及地形地貌基本一致,受人干扰比较少,因此,导致有

机质含量随植被演替逐渐增大的原因主要是植被生长情况。越接近植被演替终端,有机质含量越高。在乔木层,有机质含量达到 65.4 g/kg 乔木层植被覆盖率较高,其生长情况也较好,且乔木层枯枝落叶较厚,在土层较薄的石漠化地区堆积,形成土壤腐殖质,因而转化成土壤有机质的量也较其他多,经过长期积累,形成有机质的含量也比较高。而与乔木层相比,草地植被是最贫乏的,且草地的地表径流较大,极易随水流带走部分土壤营养物质,因而有机质含量也不高。

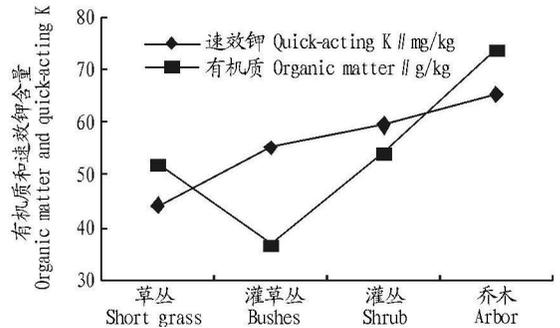


图 3 植被各演替阶段土壤有机质和速效钾含量的变化趋势

Fig 3 The change trend of organic matter and quick-acting K in soil in various succession stages of vegetation

2.2.2.2 对氮素含量的影响。氮素是植物必需营养元素之一。由图 4 可知,全氮含量的变化规律与有机质含量的变化规律极为相似。其主要原因是土壤中氮素 99% 以上来源于有机质。随着植被演替的进行,土壤有机质含量逐渐增大的同时,土壤全氮含量也随之增大。其中,乔木层含量最高,达到 3.56 g/kg 其次是灌丛、灌草丛,含量最低的是草丛,只有 1.96 g/kg 相对于乔木,草丛只有乔木层全氮含量的 55% 左右。

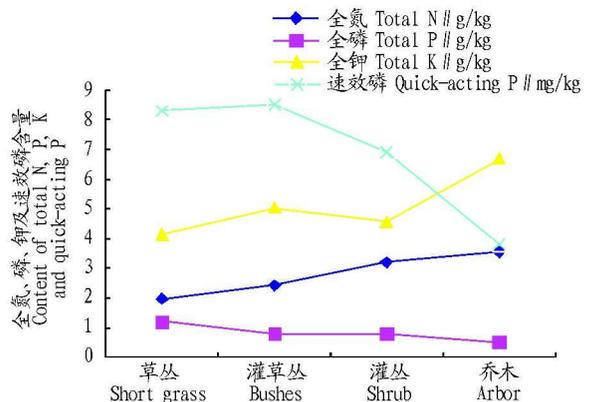


图 4 植被各演替阶段土壤全氮、磷、钾及速效磷含量的变化趋势

Fig 4 Change trend of main organic substances in soil in various succession stages of vegetation

由图 5 可知,随着植被演替的进行,碱解氮的变化趋势与总氮基本一致。产生土壤氮素这种变化趋势的主要原因:一是土壤中部分氮素是以游离氮形式存在的(主要有  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$  等)这些游离态的氮极易溶于水,草地的植被盖度小,枯枝落叶层少,使得其地表径流加大,游离态的氮极易随地表径流流失,相比较而言,植被相对较好的乔木层其氮素含量也就最高;二是有机质分解量的多少,在植被退化过程中,有机质的分解也随之加剧,土壤养分随之流失,主要来源于有机质的氮素也随之减少。

2.2.2.3 对磷素含量的影响。由图 4 可知,土壤全磷含量变

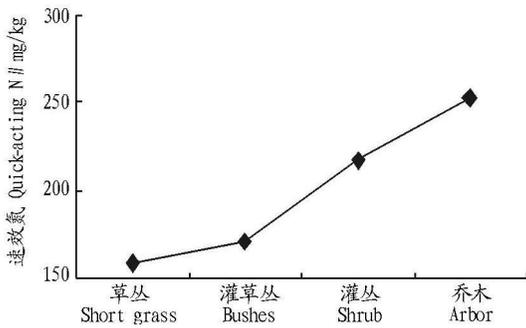


图5 植被各演替阶段土壤速效氮含量的变化趋势

Fig. 5 The change trend of quick-acting N in soil in various succession stages of vegetation

化趋势是: 乔木  $0.52 \text{ g/kg}$ 、灌丛  $0.80 \text{ g/kg}$ 、灌草丛  $0.81 \text{ g/kg}$ 、草丛  $1.21 \text{ g/kg}$ 。灌丛和灌草丛相比差异性较小, 乔木含量最小, 草丛全磷含量是乔木的 2 倍多。速效磷含量变化趋势为: 乔木最低, 只有  $3.8 \text{ mg/kg}$ 、灌草丛含量最高, 其次是草丛、灌丛。这与全磷含量变化趋势基本一致, 都是植被演替初期大于演替后期。土壤中磷主要以难溶性或固定性存在, 植被生长过程中吸收土壤表层的矿质磷元素, 并以植被分解的形式将磷元素返回土壤中, 该转化过程速度缓慢且转化区域较固定。这可能也是乔木磷元素含量较少的原因, 乔木植被盖度高, 物种较多样, 土壤中可供吸收的磷元素也相对较少。

2.2.2.4 对钾素含量的影响。由图 4 可知, 全钾在乔木含量最高, 之后依次是灌草丛、灌丛、草丛, 其含量依次为  $6.66$ 、 $5.00$ 、 $4.56$ 、 $4.10 \text{ g/kg}$ 。由图 3 可知, 速效钾含量同样是乔木含量最高, 其次为灌丛、草丛、灌草丛, 其含量依次为  $73.54$ 、 $54.05$ 、 $52.25$ 、 $36.70 \text{ mg/kg}$ 。根据采样分析结果, 全钾含量与速效钾含量有较高的相关性。该研究区是岩溶作用形成的土壤, 因而其本身钾元素含量普遍较低, 植被演替各阶段土壤都属于缺钾型土壤。钾元素极易被植物吸收, 同时钾的存在形态是属于易溶于溶液或被吸附的, 使其在土壤中得到富集。岩溶环境含钾量相对较低, 生物大量吸收, 黏土矿物的固定等各种原因, 使得土壤钾含量相对较低。

比较图 3、4 可知, 全钾以及速效钾含量都是乔木层最高, 这与有机质以及氮元素含量变化趋势基本一致, 其原因可能是由于有机质能促进含钾矿物元素的风化, 使得钾元素含量随之递增而递增、递减而递减。而乔木植被覆盖度高,

枯枝落叶层较厚, 使之土壤层较厚、覆盖度也较高, 因此要经历较长时间的水土流失及较强强度的水土流失, 才会导致钾元素发生退化现象。而其他几个植被演替类型, 产生较乔木更大的地表径流, 水土流失也较乔木严重。

### 3 结论

在研究区样地内植被随着石漠化的演替, 其覆盖度、群落结构、功能都发生了很大的变化。随着潜在、轻度、中度、强度石漠化发展过程中, 植被的覆盖度逐渐降低, 依次从乔木、灌丛、灌草丛、草丛的演替序列发生变化。

土壤作为植被演替中环境的主要因子, 其基本属性和特征必然影响群落演替, 某一植被演替阶段的群落特征和土壤特征, 是群落和土壤协同作用的结果。因此, 植被演替的过程也是植被对土壤不断适应和改造的过程。

该研究从定量化角度, 分析了石漠化演替过程中土壤各项物理化学性质的变化规律, 讨论了植被演替过程中土壤质量变化的本质, 取得以下结论: 总体上看, 石漠化地区 pH 值中性偏碱, 随着植被演替的进行, 有机质含量增加, 氮磷钾等营养元素含量出现一定变化。在都安澄江小流域地区的植被演替过程中, 土壤的化学状态正逐步向良性化方向发展。因此, 在以往基础上, 应继续加强对现在植被的保护, 保护枯枝落叶层, 以增加其土壤有机质的含量, 使植被得以更好的生长。

### 参考文献

- [1] 王韵, 王克林, 邹冬生, 等. 广西喀斯特地区植被演替对土壤质量的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(6): 130-134
- [2] 向儒生, 李先琨, 吕仕洪, 等. 广西岩溶植被演替过程中主要小气候因子日变化特征[J]. 生态科学, 2004, 23(1): 28-31
- [3] 贺祥, 熊康宁, 陈洪云, 等. 喀斯特山区生态治理区石漠化过程的土壤质量特征研究[J]. 云南师范大学学报, 2008, 28(2): 58-64
- [4] 龙健, 李娟, 江新荣, 等. 喀斯特石漠化地区不同恢复和重建措施对土壤质量的影响[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 615-619
- [5] 罗贵荣, 梁小平, 李兆林. 岩溶石山地区石漠化的危害与治理对策初探[J]. 现代农业科学, 2008, 15(11): 97-99
- [6] 莫彬, 曹建华, 徐祥明, 等. 岩溶石漠化演替阶段土壤质量退化的预警指标评价[J]. 水土保持研究, 2007, 14(3): 16-18
- [7] 张菁. 广西岩溶地区石漠化综合治理的实践构想[J]. 市场论坛, 2008(6): 3-7
- [8] 宋洪涛, 张劲峰, 田昆, 等. 滇西北高山地区黄栌林植被演替过程中的林地土壤化学响应[J]. 西部林业科学, 2007, 36(2): 65-70
- [9] 曲道凯, 陆志明, 叶轶. 论石漠化引起的生态环境问题及法律对策[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(1): 29-31
- [10] 都安瑶族自治县土地管理局. 都安瑶族自治县土地志[M]. 南宁: 广西人民出版社, 2001
- [11] 王建锋, 谢世友. 西南喀斯特地区石漠化问题研究综述[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(11): 147-151
- [12] 董志芬. 中国南方岩溶区石漠化研究[J]. 云南环境科学, 2004, 23(9): 4-6

(上接第 17601 页)

应保证稻草覆盖厚度不低于  $10 \text{ cm}$  (用草量为  $22.500 \text{ kg/hm}^2$ ) 降低马铃薯青薯率, 同时加强水分管理, 如后期干旱应及时浇水。

近年来全国各地对马铃薯稻草覆盖栽培研究的较多, 其优越性也较明显。但全国各地温度、降水等气候条件差异较大, 种植效果也有较大差异。笔者通过多年研究认为在江淮地区马铃薯稻草覆盖栽培是常规地膜覆盖栽培有益的和必要的补充, 尤其在土质黏重地区是优先选择的栽培模式。但实际生产中要注重适期播种, 结合种薯催芽延迟到 2 月初播种可以规避冬季低温造成烂种, 春旱时要及时灌溉。在冬春

季容易干旱的地区, 地膜覆盖栽培更加稳产和容易取得高产; 稻草+土覆盖产量稳定, 稻草还田效果最好。

### 参考文献

- [1] 刘翠英. 马铃薯地膜覆盖高产栽培技术研究[J]. 中国马铃薯, 2001(1): 5-9
- [2] 马众文, 刘宗发, 胡金和. 春马铃薯全程地膜覆盖栽培技术初探[J]. 中国马铃薯, 2001(3): 147-149
- [3] 夏廷茂, 龙维权. 稻田马铃薯茬免耕稻草全覆盖栽培技术初探[J]. 耕作与栽培, 2004(6): 45-46
- [4] 刘明月, 何长征, 熊兴耀, 等. 长沙地区春马铃薯不同栽培方式比较试验[J]. 中国马铃薯, 2005, 19(3): 134-137
- [5] 何长征, 刘明月, 龙华, 等. 不同覆盖方式对冬闲稻田马铃薯生长及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2007(11): 249-252