

华北花岗片麻岩山地土壤促成技术研究 ——室内模拟肥料对岩石金属元素释放作用^{iv}

周国娜¹, 宋庆丰², 杨新兵¹

(1. 河北农业大学, 河北 保定 071001; 2. 中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

摘要: 华北花岗片麻岩山地土壤严重退化, 恶劣的土壤环境严重限制了该地区的植被恢复。为了扭转这种不利因素, 探寻加快土壤促成的方法, 本研究利用试验区取回的岩石粉末, 室内模拟 3 种不同肥料 4 种不同处理梯度对岩石金属元素的释放作用, 进而找出土壤促成的最佳施肥技术。通过连续 50 d 对金属元素的释放量观测, 结果表明: 3 种肥料在不同处理梯度上对 Na、Fe、Cr、Al 等金属元素释放量均有促进释放作用, 揭示了 3 种肥料能够加快岩石风化速率, 且以生物有机肥作用最为理想, 为华北花岗片麻岩山地植被恢复和退耕还林工程的顺利实施提供技术支持。

关键词: 华北花岗片麻岩; 山地土壤; 肥料; 金属元素

中图分类号: S153. 6⁺ 1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011) 03-0255-05

Study on Soil Facilitation Technology to Granite and Gneiss Mountain in North China — The Effect of Metal Element Release from Rock by Indoor Simulation Fertilizers^{iv}

ZHOU Guo-na¹, SONG Qing-feng², YANG Xin-bing¹

(1. Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001, China;

2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: Soil seriously degenerates in North China granitic gneiss mountains, poor soil environment seriously limits the vegetation recovery in this region. In order to reverse the negative factor, to explore ways to speed up the soil development, the rock powder from the test area was brought back to laboratory, and it was simulated that three kinds of different fertilization under four kinds of different treatment had promoted the release of metal elements for finding out the best fertilization measure to contribute to soil. Through 50 days continuous observation to release of metal elements, the results showed that: three kinds of fertilizers under different treatments have advancement effect on the release of metal elements such as Na, Fe, Cr and Al. It showed that three kinds of fertilizers could speed up the rate of rock efflorescence, and effect of bio-organic fertilizer was the best. It will provide technical support for the vegetation recovery and successful implementation of Grain for Green Project in North granitic gneiss mountains.

Key words: gneiss and granite in North China; mountain soil; fertilizer; metal element

土壤中重金属及难于被微生物降解而在土壤中累积, 进而通过食物链危害人体健康, 所以关于重金属在土壤中的化学行为已经引起人们的高度关注。土壤重金属主要有汞、镉、铅、铜、铬、砷、镍、铁、锰、锌等^[1]。Nicholson 等人研究表明大气沉降、下水道污泥、牲畜粪便、农药、灌溉水和工业“三废”及其混合物是农业土壤中重金属 Zn、Cu、Ni、Pb、Cd、Cr、As、Hg 富集的主要来源, 并计算出各来源占总输入量的变化

范围^[2]。华北花岗片麻岩山地大量植被遭到破坏, 降雨形成薄层分散的地表径流, 将土壤中可溶性物质及比较细小的土粒以悬移方式为主冲走, 造成土壤质地明显变粗, 土层渐薄, 土地生产能力不断下降而弃耕, 进而需要对试验区内土壤进行促成, 其中施肥是有效的措施。随着岩石的风化过程, 会有大量的金属元素释放出来。目前施肥对土壤重金属的研究国内外已经很多, 涉及到很多植物生长必须的中量元素和微量

收稿日期: 2010-12-06

修回日期: 2011-01-08

资助项目: 国家“十一五”科技攻关“华北土石山区植被恢复与重建技术试验示范(2006BAD-03A11)”

作者简介: 周国娜(1976-), 女, 河北冀州市人, 在读博士, 讲师, 从事森林生态学和水土保持方面的研究。E-mail: zhougn@hebau.edu.cn

通信作者: 宋庆丰(1983-), 男, 河北故城县人, 硕士, 从事水土保持与荒漠化防治、森林生态系统定位观测等方面的研究。E-mail: songqing-feng2004@yahoo.com.cn

元素。长期不施肥土壤中的有效 Fe 含量下降^[3], 单施化肥、有机肥或二者配施均可提高土壤有效 Fe 含量^[4-6]。为了探究施肥对重金属元素含量的影响, 任顺荣等采用 6 种不同施肥处理后, 无论是化肥还是有机肥, 土壤 0– 20 cm 土层重金属 Cu、Zn、Cd、Cr、Hg 和 As 的含量测定结果都呈现增加趋势^[7]。本文利用室内模拟肥料对岩石金属元素释放作用, 进而找出土壤促成的最佳施肥技术, 为华北花岗片麻岩山区植被恢复提供理论依据, 也为花岗片麻岩区退耕还林的进一步实施提供技术支撑。

1 试验区概况

平山县的自然地貌为“八山一水一分田”, 位于太行山中断东麓滹沱河沿岸山西台地与华北平原的过渡地带^[8], 该地貌类型属于低山丘陵区, 海拔高度小于 300 m。土壤类型属于褐土性土亚类, 主要有以下几种类型土壤。一是非耕种花岗片麻岩褐土性土属。分布于海拔 1 300 m 以下的中山、低山、丘陵、阳坡, 表层有机质 0.36%~ 1.61%, 全氮含量 0.023%~ 0.105%, 全磷含量 0.01%~ 0.031%, 碳酸钙 0.28%~ 1.92%, 砂砾量 24.4%~ 51.23%, pH6.4~ 7.9。

表 1 室内模拟不同肥料使用量

项目	缓控肥(HK)				生物菌肥(SW)				有机肥(YJ)			
	HK ₁	HK ₂	HK ₃	HK ₄	SW ₁	SW ₂	SW ₃	SW ₄	YJ ₁	YJ ₂	YJ ₃	YJ ₄
每瓶中加入量/g	0.01	0.05	0.1	1	0.01	0.05	0.1	1	0.1	0.5	1	5

2.2 试验方法

在 150 ml 的三角瓶中, 加入取回的岩石粉(过 100 目筛)5 g, 然后加入不同量的肥料, 最后加入 100 ml 去离子水充分搅拌, 25℃左右摇床上进行培养, 摇床的摆动频率为 350 r/min。每隔 10 d 取一次上清液, 共取 5 次, 样品用针头过滤器(Millipore, Whatman 滤膜, 孔径 0.22 μm)过滤, 取滤液 5 ml, 置于 50 ml 的容量瓶中定容(稀释 10 倍), 取 5 ml 稀释液放置 10 ml 离心管中, 加 1 滴浓硝酸, 使其酸化待测。用电感耦合等离子-发射光谱仪(美国 Varian 公司 Vista MPX 型)分别测定 Na、Fe、Cr、Al 等金属元素质量浓度。

3 结果与分析

3.1 Na 元素释放分析

室内模拟肥料对 Na 元素释放作用如图 1 所示, 水对照在测定时间上 Na 元素含量基本相同, 而水+ 岩石粉末对照随着时间延伸, Na 元素呈现不断增加的趋势, 最大释放量(0.043 mg/L)出现在第 50 天, 说明水分对岩石中 Na 元素释放有促进作用。在 HK 处理上, 水+ 肥料对照中, Na 元素释放量随着肥料用

土层薄, 不足 30 cm, 侵蚀严重, 肥力低下。代表土种为花岗片麻岩薄层多砾砂壤质褐土性土。二是非耕种页岩褐土性土属, 分布于石灰岩区, 仅页岩薄层多砾轻壤质褐土性土种, 土层少于 25 cm, 石灰反应不明显, pH7.3~ 7.4, 表层有机质 1.67%, 全氮含量 0.098%, 全磷含量 0.023%。三是花岗片麻岩褐土性土属。只有花岗岩片麻岩薄层壤质褐土性土种, 表层有机质 0.38%, 全氮含量 0.031%, 全磷含量 0.016%, pH8.5, 石灰量 1.5%, 砾石 41.1%。

2 试验方法

2.1 试验设计

试验所用岩石粉末采自试验地, 岩石类型为花岗片麻岩。岩石中含有 Ca、K、Na、Mg、Al、Fe、P、Zn、Mn、Cu、Cr、Pb、B 等金属元素。试验所用肥料为缓释复混肥(slow release fertilizer, 简称 HK); 生物有机肥(bio-organic fertilizer, 简称 YJ); 微生物菌肥(microbial agent, 简称 SW), 每种肥料均设 4 个处理的施肥量, 每个处理设 3 个重复, 见表 1。对照设置有水对照(CK₁)、水+ 岩石对照(CK₂)、水+ 肥料对照(CK₃)。

量和测定时间的延伸, 其含量不断增加, 最大释放量(4.075 mg/L)出现在 CK₃- 4 处理的第 50 天, 说明肥料中 Na 元素随着时间的延伸, 释放量不断增加; 肥料溶液+ 岩石处理, Na 元素释放量同样呈现出随着肥料用量和测定时间的延伸, 其含量不断增加, 最大释放量(5.058 mg/L)出现在 HK₄ 处理的第 50 天, 说明 HK 处理对岩石中 Na 元素的释放随着处理肥料用量和时间的延伸不断增加。

在 YJ 处理上, 水+ 肥料对照处理中, 同 HK 中水+ 肥料对照相同, 最大释放量(8.694 mg/L)出现在 CK₃- 4 处理上; 肥料溶液+ 岩石处理上, 亦同水+ 肥料对照处理相同, 其最大释放量(9.678 mg/L)出现在 YJ₄ 处理的第 50 天, 说明 YJ 处理对岩石中 Na 元素的释放随着处理肥料用量和时间的延伸不断增加。在 SW 处理上, 水+ 肥料对照处理与肥料溶液+ 岩石处理中, Na 元素释放量趋势同以上两种肥料处理下相同, 最大释放量分别出现在 CK₃- 4(5.550 mg/L)和 SW₄(7.438 mg/L)的第 50 天。同样可以说明 SW 处理对岩石中 Na 元素的释放随着处理肥料用量和时间的延伸不断增加。

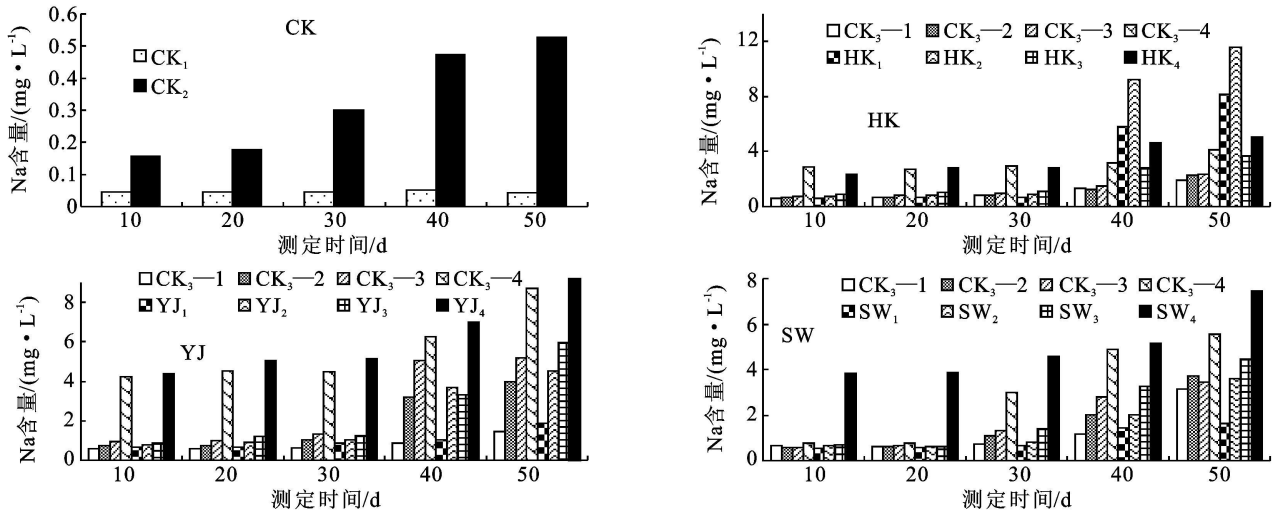


图 1 Na 元素释放量

3.2 Fe 元素释放分析

如图 2 所示,室内模拟肥料对 Fe 元素释放作用在水对照的测定时间上 Fe 元素含量基本相同,而水+岩石粉末对照随着时间延伸,Fe 元素不断增加,最大释放量(0.259 mg/L)出现在第 50 天,说明水分对岩石中 Fe 元素释放有促进作用。在 HK 处理上,水+肥料对照处理中,各肥料用量处理与测定时间上 Fe 元素的释放量变化较复杂,随着肥料用量增加,其释放量呈现先增高后降低的趋势,CK₃₋₂ 处理达到最大,在不同测定时间上,最大释放量均出现在第 40 天,其他测定时间上释放量的变化无规律可寻,说明 HK 中 Fe 元素的释放规律很复杂,从而导致其肥力作用不稳定;肥料溶液+岩石处理中,Fe 元素释放规律同样复杂,甚至有低于水、水+岩石、水+肥料对照的处理,不同肥料用量处理,除了在第 10 天最大释放量出现在 HK₁ 上外,其余测定时间均呈现随肥料增加而增加的趋势,最大释放量出现在 HK₄ 处理的第 40 天(0.259 mg/L),与水+岩石对照处理的 50 天测

定值相同,说明 HK 处理在一定程度上抑制了岩石中 Fe 元素的释放或者 HK 中某些元素与 Fe 元素发生了耦合,导致了测定值降低。在 YJ 处理上,水+肥料对照处理中,甚至有些测定值低于水对照和水+岩石对照,在不同测定时间上,Fe 元素释放量最大值均出现在第 50 天;肥料溶液+岩石处理中,同样存在某些测定值小于其他 3 种对照的现象,其不同肥料用量处理以及不同测定时间上 Fe 元素释放量变化同样较为复杂,没有规律可循,综合最大释放量出现在 YJ₄ 处理的第 50 天,可能因为 YJ 处理在一定程度上抑制了岩石中 Fe 元素的释放或者 HK 中某些元素与 Fe 元素发生了耦合,从而导致了测定值的变化无规律可循。在 SW 处理上,水+肥料对照处理和肥料溶液+岩石处理中 Fe 元素释放量同样无规律可循,且存在某些测定值小于水对照和水+岩石对照处理,水+肥料对照处理的最大释放量(0.253 mg/L)出现在 SW₃-3 处理的第 10 天,而肥料溶液+岩石处理最大释放量(0.302 mg/L)出现在 SW₄ 处理的第 40 天。

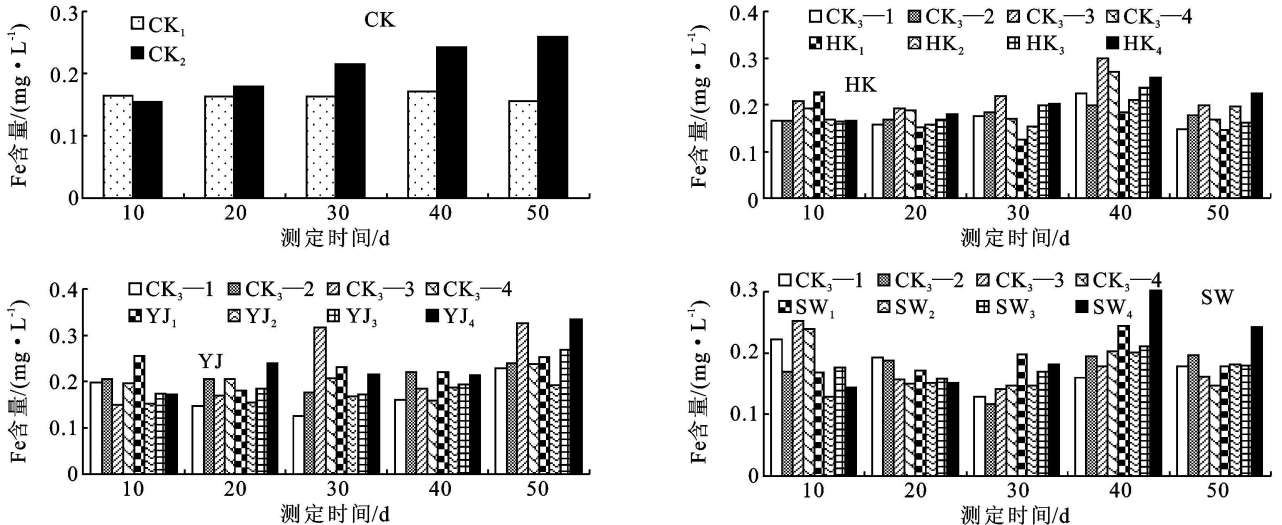


图 2 Fe 元素释放量

3.3 Cr 元素释放分析

如图 3 所示,水对照与水+ 岩石对照处理中, Cr 元素的含量相差不明显,说明水分对于岩石中 Cr 元素的释放作用不明显。在 HK、YJ 和 SW 不同肥料用量以及不同测定时间点上的 Cr 元素释放量基本相似,它们之间相差不大, HK 处理的最大释放量出现在 HK₄ 处理的第 30 天(0.065 mg/L); YJ 处理的最大释放量出现在 YJ₃ 处理的第 50 天(0.078 mg/L); SW 处理的最大释放量出现在 SW₁ 处理的第 40 天(0.59 mg/L)。但与水+ 肥料处理相比较, HK 处理与水+ 肥料对照处理相差不大甚至小于对照,这种现象在 SW 处理中易见到,说明两种肥料的某种元素与 Cr 元素产生了耦合。

3.4 Al 元素释放分析

如图 4 所示,水对照在测定时间上元素含量基本相同,而水+ 岩石粉末对照随着时间延伸,元素最大释

放量(3.078 mg/L)出现在第 50 天,其他均呈现随时间延伸而增加的趋势,说明水分对岩石中 Al 元素释放有促进作用。在 HK、YJ 和 SW 处理上,水+ 肥料对照处理与肥料溶液+ 岩石处理中, Al 元素的释放量变化均随着肥料用量的增加以及测定时间的延伸逐渐增加,且肥料溶液+ 岩石处理下 Al 元素的释放量均大于水+ 肥料对照处理下的含量。在 HK 处理下,水+ 肥料对照处理最大含量出现在 CK₃-4 处理的第 50 天(1.643 mg/L),肥料溶液+ 岩石处理的最大释放量出现在 HK₄ 处理的第 50 天(1.984 mg/L); YJ 处理下,水+ 肥料对照处理最大含量出现在 CK₃-4 处理的第 30 天(3.609 mg/L)肥料溶液+ 岩石处理的最大释放量出现在 YJ₄ 处理的第 50 天(5.837 mg/L); 在 SW 处理下,水+ 肥料对照处理最大含量出现在 CK₃-4 处理的第 50 天(2.950 mg/L)肥料溶液+ 岩石处理的最大释放量出现在 YJ₄ 处理的第 50 天(5.912 mg/L)。

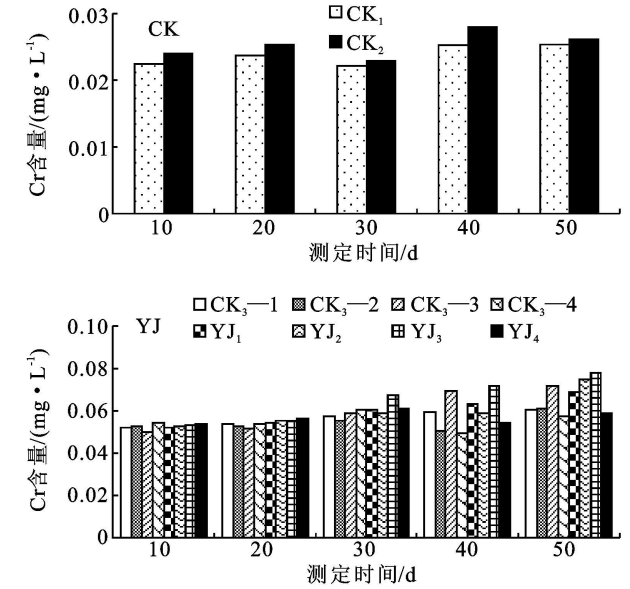


图 3 Cr 元素释放量

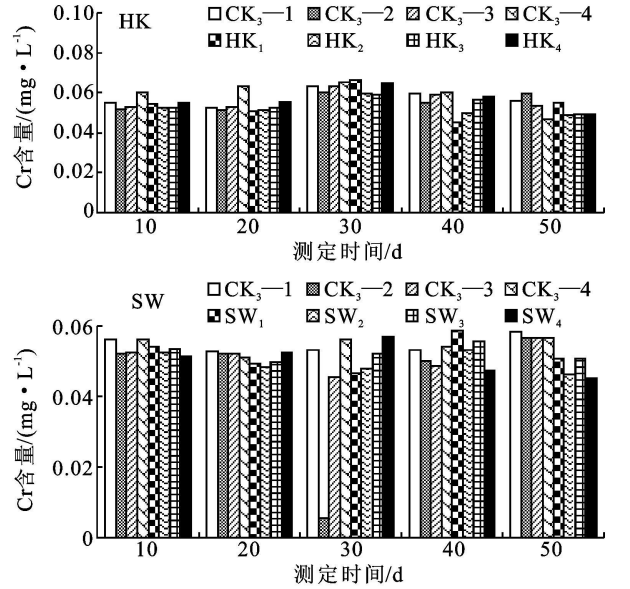


图 4 Al 元素释放量

4 结 论

综合以上分析可以得出, 3 种肥料处理中, 以生物有机肥处理对岩石中 Na 元素释放量的促进作用最为明显, 且随着肥料中 Na 元素释放量的增加, 岩石中 Na 元素也呈现出增加的趋势; Fe 元素的释放作用均较复杂, 甚至有低于 3 种对照的测定值出现, 可能是因为处理在一定程度上抑制了岩石中 Fe 元素的释放或者 HK 中某些元素与 Fe 元素发生了耦合, 从而导致了测定值的变化无规律可循; Cr 元素释放主要以生物有机肥处理最为明显, 且 3 种肥料处理下 Cr 元素均明显高于水+ 岩石对照处理; Al 元素的释放规律相同, 且均较水对照、水+ 岩石对照和水+ 肥料对照中 Al 元素含量增加。但 Na、Fe、Cr 元素在某处理及测定时间点上 有肥料溶液+ 岩石处理处金属元素含量小于水+ 肥料对照处理的现象发生, 可能由于金属元素与肥料中的某种元素产生了耦合反应或者是金属离子与溶液中 CO₂ 反应形成碳酸盐而又重新被固定。3 种肥料处理对岩石中综合分析得知 3 种肥料对岩石中金属元素释放有促进作用, 进而揭示 3 种肥料能够加快岩石风化速率, 且以生物有机肥作用最为理想。

参考文献:

[1] 高焕海. 长期施肥对紫色土- 作物重金属含量的影响 [D]. 重庆: 西南大学, 2008.

[2] Nicholson F A, Smith S R, Alloway B J, et al. An inventory of heavy metals in Putsto agricultural soil in England and Wales [J]. Science of the Total Environment, 2003, 311: 1-3.

[3] 郑少玲, 陈琼贤, 马磊, 等. 施用生物有机肥对芥蓝及土壤重金属含量影响的研究 [J]. 农业环境科学学报, 2005 (增刊): 62-66.

[4] Lal S, Mathur B S. Effect of long-term application of manure and fertilizers on the DTPA-extractable micronutrients in acid soil [J]. Journal Indian Society Soil Science, 1989, 37: 588-590.

[5] Schwab A P, Owensby C E, Kulyingyong S. Change in soil chemical properties due to 40 years of fertilization [J]. Soil Science, 1990, 149(1): 35-43.

[6] 李见云, 侯彦林, 化全县, 等. 大棚设施土壤养分和重金属状况研究 [J]. 土壤, 2005, 37(6): 626-629.

[7] 任顺荣, 邵玉翠, 高宝岩, 等. 长期定位施肥对土壤重金属含量的影响 [J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 96-99.

[8] 吴砚峰. 河北平山湿地水鸟群落结构及黑鹳 (*Ciconia nigra*) 的觅食生境选择 [D]. 河北保定: 河北师范大学, 2006.

(上接第 254 页)

参考文献:

[1] 齐保勤, 史玲. 咸阳市城区地下水超采问题及对策 [J]. 地下水, 2004, 26(4): 290-292.

[2] 于春霞, 徐建新. 优化 GM (1, 1) 模型在地下水水位预测中的应用 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(12): 4810-4819.

[3] 邓聚龙. 灰色系统基本方法 [M]. 武汉: 华中工学院出版社, 1987: 96-108.

[4] 陈俊珍. GM (1, 1) 模型与曲线 Aeax 拟合 [J]. 系统工程理论与实践, 1988, 8(4): 67-71.

[5] 李生潜. GM (1, 1) 模型在甘肃灌溉用水量建模中的应用 [J]. 人民黄河, 2007, 29(7): 46-48.

[6] 郝文辉, 任改娟, 贡长青. 基于 MATLAB 的灰色模型对秦皇岛市区地下水水位的预测 [J]. 中国环境管理干部学院学报, 2010, 20(2): 61-64.

[7] 白静, 刘俊民. 基于 GM (1, 1) 模型的兴平市地下水动态预测 [J]. 人民黄河, 2010, 32(6): 79-81.

[8] 刘俊民. 灌区地下水年最高水位的灰色预测 [J]. 地下水, 1993(9): 93-96.

[9] 孙志霞, 孙英兰. GM (1, 1) 模型研究及其在水质预测中的应用 [J]. 海洋通报, 2009, 28(4): 116-120.