

# 不同培肥方式对复垦土壤玉米养分吸收及肥料利用率的影响

秦俊梅, 王改玲

(山西农业大学 资源环境学院, 山西 太谷 030801)

**摘要:**为研究不同培肥处理对平朔露天煤矿复垦土壤作物养分含量及肥料利用率的影响,进行了玉米盆栽试验,结果表明:不同培肥处理对玉米植株的 N、P、K 含量均有提高作用,玉米 N、P、K 在根、茎、叶器官分配顺序为叶>茎>根;有机肥、菌肥和配施低浓度化肥处理对玉米 N 素含量增加最明显,有机肥、菌肥和化肥配施各处理对玉米 P 和 K 含量增加最明显,其次对玉米 N、P、K 含量增加较明显的为有机肥配施菌肥处理,而单施有机肥处理对玉米 N、P、K 含量增加效果最差;有机肥、菌肥和化肥配施处理对玉米 N、P、K 肥利用率高于有机肥配施菌肥处理更高于单施有机肥处理,此研究为恢复矿区复垦土壤肥力水平提供理论依据。

**关键词:**复垦土壤; 培肥; 养分吸收; 肥料利用率

中图分类号:S154.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)04-0237-04

## Effects of Different Fertilization Methods on Nutrient Uptake and Fertilizer Use Efficiency of Maize in Reclaimed Soil

QIN Junmei, WANG Gailing

(College of Resources and Environment, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

**Abstract:** We studied the impact of different fertilizing treatments on crop nutrient content and fertilizer use efficiency of reclaimed soil at Pingshuo open mine area by conducting maize pot experiment. The results were summarized as follows. All of the different fertilizing treatments improved the N, P and K contents of maize, and the distribution order of N, P and K in maize was leaf>stem>root; organic manure and bacterial fertilizer combining with low concentration of chemical fertilizer improved N content of maize most obviously. Organic manure and bacterial fertilizer combining with chemical fertilizer improved P and K contents of maize most obviously. Organic fertilizer combining with bacteria fertilizer improved N, P and K contents of maize relative obviously. However, the effect of applying organic manure on improving N, P and K contents of maize was the worst. Combination of organic fertilizer, bacteria fertilizer and chemical fertilizer had the higher efficiency compared with using organic manure. This study could provides theoretical basis for the restoration of soil fertility of reclaimed soil in the mining areas.

**Keywords:** reclaimed soil; fertilization; nutrient uptake; fertilizer use efficiency

矿区开采对地表造成的危害是当前社会重点研究的国际性问题,矿区土地复垦和生态环境恢复也一直受到世界相关国家的高度重视<sup>[1]</sup>,而矿区土壤在破坏的同时其土壤原有理化性质发生了根本的变化,复垦土壤肥力水平极度下降,土壤团聚体遭到破坏,微生物数量少,植物种植极度受到限制<sup>[2]</sup>,因此,严重影响矿区的农业生产和经济发展,如果将复垦后的土壤用于农业生产,其首要前提是恢复土壤肥力及提高土

壤生产力,而目前肥料利用率成为农业关注的重点,肥料利用率不仅存在当季利用和后季利用问题,同样受气候因素、土壤条件肥料用量、肥料品种、施肥方式和作物品种等因素的影响<sup>[3-5]</sup>,我国肥料利用率引用和参照的结果是在全国多点短期试验中得到的,受地域和气候、栽培制度和土壤条件等因素影响较大。

目前,有关我国煤矿区废弃地复垦的研究多见报道,且多侧重于复垦土壤理化性质的变化规律研究,

龙健等<sup>[6-7]</sup>通过对浙江哩浦铜矿废弃地土壤的微生物、土壤酶活性及生化作用的强度进行研究。卢宁等<sup>[8]</sup>研究了利用露天煤矿排土场土壤的呼吸作用来评价煤矿复垦区土壤质量。马彦卿等<sup>[9]</sup>认为在复垦地的土壤中,玉米接种磷细菌、钾细菌与固氮菌,可以产生协同作用,共同改善玉米的营养状况。李华等<sup>[10]</sup>通过施用风化煤对黄土高原露天煤矿区复垦土壤的理化性质进行研究。刘美英等<sup>[11]</sup>研究了神府东胜矿区复垦地土壤与原状土壤有机碳与氮含量的变化特征,但对矿区复垦土壤不同施肥处理条件下作物氮磷钾吸收积累及肥料利用率研究甚少。本试验通过几种不同培肥处理对矿区复垦土壤进行玉米盆栽试验,以此探讨科学、有效的肥料配施模式,为达到复垦土壤肥力提高,作物增产目的,对其他矿区土壤肥力的恢复实践提供参考。

## 1 材料与方法

盆栽试验布置在山西农业大学资源环境学院大棚,试验区土壤为黄绵土,采自山西省平朔露天煤矿排土场土壤,表 1 为供试土壤基本理化性质。供试作物为:玉米(品种为中裕黄糯)。盆栽供试肥料为:有机肥(精准有机肥,执行标准 NY525—2002,有机质 $\geq 30\%$ , $N+P_2O_5+K_2O\geq 4\%$ )、菌肥(有效活菌数 $\geq 2\times 10^8$  个/g)和化肥(复合肥  $N-P_2O_5-K_2O$ :26-9-5),肥料均购自山西省太谷县肥料销售公司。

表 1 供试土壤基本理化性质

土壤类型	碱解 N	速效 P	速效 K	有机质	pH
黄绵土	3.02	11.21	71.01	0.75	8.18

注:碱解 N、速效 P、速效 K、有机质的单位均为 mg/kg。

盆栽试验共设 10 个处理,处理中  $Y_1$ 、 $Y_2$  和  $Y_3$  分别指施有机肥 1.0、2.0、4.0 g/kg,  $S_1$ 、 $S_2$  和  $S_3$  分别指施菌肥 0.1、0.2、0.4 g/kg,  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F_3$  分别指施化肥 0.1、0.2、0.4 g/kg。每个处理 3 个重复,盆栽采用底部内径 23 cm、上部内径 28 cm、高 25 cm 的塑料盆,每盆装土 10 kg,复垦土壤以及肥料混合均匀后装盆,并以去离子水调至田间持水量,随机排列。

2013 年 4 月 18 日播种,采用直播方式。3 叶期间苗,每盆保留 1 株,盆栽试验期用蒸馏水浇灌(以不渗漏为准),人工防治虫害,不喷施农药。2013 年 8 月 08 日收获,用清水将玉米冲洗干净,把根、茎、叶分开,于 105℃ 杀青 15 min,70℃ 烘干,立即称重,干样粉碎后充分混合,制成分析样品,按常规方法分别测定玉米根、茎、叶的 N、P、K 含量<sup>[12]</sup>。

肥料利用率的计算公式为:肥料利用率=(施肥区玉米根、茎、叶中某养分吸收量—不施肥区玉米根、

茎、叶中某养分吸收量)/施肥量 $\times 100\%$ 。

采用 DPSV 755 软件进行数据统计分析,LSD 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同培肥处理对玉米养分吸收的影响

2.1.1 不同培肥处理对玉米 N 素含量的影响 从表 2 看出,各处理对玉米根、茎、叶 N 素含量均有提高作用,同一处理玉米根、茎、叶的 N 素吸收量为叶 $>$ 茎 $>$ 根,同一培肥模式玉米各器官 N 素随施肥量的增加而递增。

表 2 不同培肥处理对玉米含 N 量的影响 %

处理	根	茎	叶
CK	0.156b	0.248d	0.407d
$Y_1$	0.310ab	0.340cd	0.459cd
$Y_2$	0.371a	0.467bcd	0.587abcd
$Y_3$	0.418a	0.557abc	0.681abc
$Y_1S_1$	0.333ab	0.415bcd	0.551bcd
$Y_2S_2$	0.386a	0.446bcd	0.687abc
$Y_3S_3$	0.425a	0.636ab	0.718ab
$Y_1S_1F_1$	0.452a	0.646ab	0.749ab
$Y_2S_2F_2$	0.477a	0.775a	0.835a
$Y_3S_3F_3$	0.374a	0.496bc	0.677abc

注:同行小写字母不同均表示差异显著( $p<0.05$ )。下同。

根:处理  $Y_1$  和  $Y_1S_1$  与对照相比差异不显著,其他处理均显著高于对照( $p<0.05$ ),其中  $Y_2S_2F_2$ 、 $Y_1S_1F_1$  和  $Y_3S_3$  增幅最明显,分别是对照的 3.1、2.9、2.7 倍;茎:处理  $Y_2S_2F_2$ 、 $Y_1S_1F_1$ 、 $Y_3S_3$ 、 $Y_3$  和  $Y_3S_3F_3$  显著高于对照( $p<0.05$ ),其中  $Y_2S_2F_2$ 、 $Y_1S_1F_1$  和  $Y_3S_3$  极显著高于对照( $p<0.01$ ),分别是对照的 3.1、2.6、2.5 倍,其他处理与对照相比差异不显著;叶: $Y_1$ 、 $Y_2$  和  $Y_1S_1$  与对照相比差异不显著,其他处理均显著高于对照( $p<0.05$ ),其中  $Y_2S_2F_2$ 、 $Y_1S_1F_1$  和  $Y_3S_3$  增幅最明显,分别是对照的 2.1、1.8、1.7 倍,其他处理与对照相比差异不显著。不同培肥模式玉米根、茎、叶的 N 素含量均按照  $Y_1S_1F_1>Y_1S_1>Y_1$ 、 $Y_2S_2F_2>Y_2S_2>Y_2$ 、 $Y_3S_3>Y_3>Y_3S_3F_3$  的顺序递减,且单施有机肥处理对玉米 N 素增加效果最差,其次为有机肥配施菌肥处理,有机肥、菌肥和配施低浓度化肥处理最明显,但随着化肥用量的增加玉米 N 素含量逐渐减少。

2.1.2 不同培肥处理对玉米 P 素含量的影响 表 3 表明,各处理对玉米根、茎、叶 P 素均有一定的增加作用,同一处理玉米根、茎叶的 P 素吸收量为叶 $>$ 茎 $>$ 根,同一培肥模式玉米各器官 P 素含量随施肥量的增加而递增。

表 3 不同培肥处理对玉米含 P 量的影响 %

处理	根	茎	叶
CK	0.195d	0.169f	0.228e
Y <sub>1</sub>	0.327cd	0.353e	0.408de
Y <sub>2</sub>	0.398bcd	0.449de	0.526d
Y <sub>3</sub>	0.450bcd	0.549cd	0.571bcd
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	0.430bcd	0.493d	0.566cd
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	0.461bc	0.552cd	0.595bcd
Y <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	0.645ab	0.669bc	0.741bc
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	0.477bc	0.506d	0.593bcd
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0.655ab	0.724b	0.756ab
Y <sub>3</sub> S <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	0.856a	0.907a	0.943a

根:处理 Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub>、Y<sub>3</sub> 和 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub> 与对照相比差异不显著,其他处理均显著高于对照 ( $p<0.05$ ),其中 Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 和 Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub> 增幅最明显,分别是对照的 4.4、3.4、3.3 倍;茎:所有处理均显著高于对照 ( $p<0.05$ ),Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 和 Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub> 增幅最明显,分别是对照的 5.4、4.3、4.0 倍;叶:Y<sub>1</sub> 与对照差异不显著,其他处理均显著高于对照 ( $p<0.05$ ),其中 Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 和 Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub> 增幅最明显,分别是对照的 4.1、3.3、3.3 倍,不同培肥模式玉米根、茎、叶的 P 素含量均按照 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>F<sub>1</sub>>Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>>Y<sub>1</sub>,Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>>Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>>Y<sub>2</sub>,Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>F<sub>3</sub>>Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>>Y<sub>3</sub> 的顺序递减,且有机肥、菌肥和化肥配施处理对玉米 P 素含量增加效果最明显,其次为有机肥配施菌肥处理,而单施有机肥处理对玉米 P 素含量的增加效果最差。

2.1.3 不同培肥处理对玉米 K 素含量的影响 表 4 表明,各处理对玉米根、茎、叶 K 素均有一定的增加作用,同一处理玉米根、茎、叶的 K 素吸收量为叶>茎>根,同一培肥模式玉米各器官 K 素含量随施肥量的增加而递增。

表 4 不同培肥处理对玉米含 K 量的影响 %

处理	根	茎	叶
CK	0.116d	0.327b	1.015b
Y <sub>1</sub>	0.221cd	0.599ab	1.041b
Y <sub>2</sub>	0.258bcd	0.619ab	1.079b
Y <sub>3</sub>	0.264bcd	0.728a	1.191ab
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	0.301bcd	0.651ab	1.131b
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	0.312abcd	0.685a	1.185ab
Y <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	0.366abc	0.706a	1.239ab
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	0.387abc	0.742a	1.242ab
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0.443ab	0.797a	1.326ab
Y <sub>3</sub> S <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	0.511a	0.899a	1.465a

根:处理 Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>F<sub>1</sub> 和 Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub> 显著高于对照 ( $p<0.05$ ),与对照相比,分别是对照的 4.4、3.8、3.3、3.2 倍,其他处理与对照差异不显著;茎:处理 Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub> 和 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub> 与对照相比差异不显著,其

他处理均显著高于对照 ( $p<0.05$ ),Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 和 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>F<sub>1</sub> 增幅最明显,分别为是对照的 2.7、2.4、2.3 倍;叶:Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>F<sub>3</sub> 与对照差异显著 ( $p<0.05$ ),其他处理与对照差异不显著,其中 Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 和 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>F<sub>1</sub> 增幅最明显,分别是对照的 1.4、1.3、1.2 倍,不同培肥模式玉米根、茎、叶的 K 素含量均按照 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>F<sub>1</sub>>Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>>Y<sub>1</sub>,Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>>Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>>Y<sub>2</sub>,Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>F<sub>3</sub>>Y<sub>3</sub>S<sub>3</sub>>Y<sub>3</sub> 的顺序递减,且有机肥、菌肥和化肥配施处理对玉米 K 素含量增加效果最明显,其次为有机肥配施菌肥处理,单施有机肥处理对玉米 K 素含量增加效果最差。

2.2 不同培肥处理对玉米肥料利用率的影响

表 5 可见,处理 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>F<sub>1</sub> 的 N 肥利用率效果最为突出,显著高于其他处理 ( $p<0.05$ ),为 86.33%,其次 N 肥利用率较明显的为 Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 和 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>,分别为 53.19%和 44.27%;处理 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>F<sub>1</sub> 和 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub> 的 P 肥利用率显著高于其他处理 ( $p<0.05$ ),分别为 79.24%和 78.61%,其次为 Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>,为 62.91%;处理 Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>F<sub>1</sub>、Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub> 和 Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub> 的 K 肥利用率明显高于其他处理,依次为 76.06%、56.85%和 46.15%。

表 5 培肥处理对玉米 N、P、K 肥利用率的比较 %

处理	N	P	K
Y <sub>1</sub>	29.83bc	46.27bc	40.30ab
Y <sub>2</sub>	30.70bc	37.37cd	24.92b
Y <sub>3</sub>	21.12c	23.64d	18.11b
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	44.27bc	78.61a	56.85ab
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	32.23bc	44.53bc	32.90b
Y <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	21.98c	32.50cd	19.39b
Y <sub>1</sub> S <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	86.33a	79.24a	76.06a
Y <sub>2</sub> S <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	53.19b	62.91ab	46.15ab
Y <sub>3</sub> S <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	15.34c	43.37bcd	29.51b

总趋势可看出,不同培肥模式下,有机肥、菌肥和化肥配施处理对玉米 N、P、K 肥利用率为最高,其次为有机肥配施菌肥处理,单施有机肥处理对玉米 N、P、K 肥利用率均为最低,而同一施肥模式 N、P、K 肥利用率均随着施肥量的增加而递减。

3 结论与讨论

不同培肥处理对玉米根、茎、叶的 N、P、K 含量均有提高作用,同一处理玉米根、茎、叶的 N、P、K 吸收量均为叶>茎>根,同一培肥模式玉米各器官 N、P、K 含量随施肥量的增加而递增,且符合质量作用定律。有机肥、菌肥和配施低浓度化肥处理 (Y<sub>1</sub>S<sub>1</sub>F<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub>S<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) 对玉米 N 素含量增加最明显,其次为有机肥配施菌肥处理,单施有机肥处理效果最差,

有机肥配施菌肥和高浓度化肥处理( $Y_3S_3F_3$ )时玉米 N 素含量明显趋于减少,其原因可能是由于 N 肥施入土壤后,挥发、转化等各种损失很大,造成土壤中 N 素含量明显下降<sup>[13]</sup>,从而降低玉米 N 素含量;单施有机肥处理对玉米 P 和 K 含量增加效果最差,其次均为有机肥配施菌肥处理,而有机肥、菌肥和化肥配施各处理( $Y_1S_1F_1$ ,  $Y_2S_2F_2$ ,  $Y_3S_3F_3$ )对玉米 P 和 K 含量增加最明显,这是由于菌肥的影响作用下,为微生物提供了合适的 C/N,并为其大规模生长繁殖创造了有利条件,起到了释磷、活钾的作用,同时菌肥中的微生物使有机肥和土壤中不能被植物利用的磷被释放出来,转化成有效磷和钾,使玉米中 P 和 K 含量提高,同时,化肥的施入调节了土壤中的养分比例,改变了土壤中微生物的活动和酶活性条件,使之玉米 P、K 素增加<sup>[14]</sup>;而同一施肥模式 N、P、K 肥利用率均随着施肥量的增加而递减,这表明施肥对肥料利用率的影响在低产田显著高于中产田和高产田,此外,总趋势为有机肥、菌肥和化肥配施处理对玉米 N、P、K 肥利用率高于有机肥配施菌肥处理更高于单施有机肥处理,因此有机肥、菌肥与无机肥料配合施用可以明显地提高养分的吸收量和肥料的利用率,且达到缓急相济、互相补充,减少肥料养分流失,进而提高矿区复垦土壤肥力水平及作物产量的目的<sup>[15-16]</sup>。

#### 参考文献

- [1] 王莉,张和生. 国内外矿区土地复垦研究进展[J]. 水土保持研究,2013,20(1):294-300.
- [2] 王改玲,白中科. 安太堡露天煤矿排土场植被恢复的主要限制因子及对策[J]. 水土保持研究,2002,9(1):38-40.
- [3] 邵蕾,张民,王丽霞. 不同控释肥类型及施肥方式对肥料利用率和氮素平衡的影响[J]. 水土保持学报,2007,21

(6):115-119.

- [4] 史春余,张夫道,张树清,等. 有机-无机缓释肥对番茄产量和氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(6):584.
- [5] 刘学军,赵紫娟,巨晓棠,等. 基施氮肥对冬小麦产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J]. 生态学报,2002,22(7):1122-1128.
- [6] 龙健,黄昌勇,滕应,等. 矿区废弃地土壤微生物及其生化活性[J]. 生态学报,2003,23(3):496-503.
- [7] 龙健,黄昌勇. 我国南方红壤矿山复垦土壤的微生物特征研究[J]. 水土保持学报,2002,16(2):126-128.
- [8] 卢宁,李晋川,郭春燕,等. 露天煤矿复垦地土壤呼吸的日变化研究:以平朔安太堡露天煤矿排土场为例[J]. 山西农业科学,2010,38(4):52-54.
- [9] 马彦卿. 微生物复垦技术在矿区生态重建中的应用[J]. 采矿技术,2001,1(2):66-68.
- [10] 李华,李永青,沈成斌,等. 风化煤施用对黄土高原露天煤矿区复垦土壤理化性质的影响研究[J]. 农业环境科学学报,2008,27(5):1752-1756.
- [11] 刘美英,高永,汪季,等. 矿区复垦地土壤碳氮含量变化特征[J]. 水土保持研究,2013,20(1):94-101.
- [12] 鲍士旦,土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [13] 刘恩科,赵秉强,胡昌浩,等. 长期施氮、磷、钾化肥对玉米产量及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(5):789-794.
- [14] 梁利宝,洪坚平,谢英荷,等. 不同培肥处理对采煤塌陷地复垦不同年限土壤熟化的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(3):140-144.
- [15] 孙建,刘苗,李立军,等. 不同施肥处理对土壤理化性质的影响[J]. 华北农学报,2010,25(4):221-225.
- [16] 何铁光,秦芳,苏天明,等. 不同栽培模式对氮磷钾养分径流流失的影响[J]. 水土保持研究,2014,21(1):95-99.

(上接第 236 页)

- [7] 张学雷,冯婉婉,钟国敏. 豫中褐土耕地土壤性质空间分异及质量评价[J]. 应用生态学报,2011,22(1):121-128.
- [8] 王帅,曲长祥,冯翔迪. 黑龙江省耕地集约利用的区域差异及影响因素分析[J]. 东北农业大学学报,2012,43(5):142-147.
- [9] 金儒成,梅再美,蔡广鹏,等. 主导因素法对利用聚类分析进行土地利用分区的校正研究:以贵州省仁怀市和罗甸县为例[J]. 安徽农业科学,2010,38(15):8115-8118.
- [10] 农肖肖,何政伟,吴柏清. ARCGIS 空间分析建模在耕地质量评价中的应用[J]. 水土保持研究,2009,16(1):234-236.
- [11] 涂建军,卢德彬. 基于 GIS 与耕地质量组合评价模型划

定基本农田整备区[J]. 农业工程学报,2012,28(2):234-238.

- [12] 陈朝,吕昌河. 基于综合指数的湖北省耕地质量变化分析[J]. 自然资源学报,2010,25(12):2018-2029.
- [13] 禹阳春,刁承泰,蔡朕,等. 基于聚类分析法的西南丘陵区县域土地利用分区研究[J]. 中国农学通报,2014,30(2):227-232.
- [14] 孔祥斌,靳京,刘怡,等. 基于农用地利用等别的基本农田保护区划定[J]. 农业工程学报,2008,24(10):46-51.
- [15] 杨乐,涂建军,王小飞,等. GIS 技术在基本农田整备区划定中的应用:以重庆秀山县中和镇为例[J]. 农机化研究,2011,33(5):178-181.