

施肥对陕西关中西部灌区小麦养分吸收及肥料利用率的影响

张 鹏¹, 刘 瑞¹, 崔亚胜², 王天泰³, 乌鸿科⁴, 周建斌¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 户县土肥站, 陕西 户县 710300;
3 周至县土肥站, 陕西 周至 710400; 4 扶风县土肥站, 陕西 扶风 722200)

【摘要】【目的】研究不同施肥处理对陕西关中西部灌区小麦氮、磷、钾养分吸收及肥料利用率的影响。【方法】在户县、周至和扶风 3 个县设置 16 个田间试验点, 采用“3414”试验设计, 研究不同施肥处理对冬小麦氮、磷、钾养分吸收及其利用率的影响。【结果】不同施肥处理中, 均以氮、磷、钾配合施用处理(N₂P₂K₂)的氮、磷、钾养分吸收量、肥料利用效率及肥料偏生产力最高, 其中以氮、磷吸收量的增加幅度较为显著; N₂P₂K₂ 处理的氮、磷、钾肥料利用率分别为 30.94%, 21.65% 和 41.49%; 随着产量水平的提高, 每形成 100 kg 籽粒时的冬小麦氮、磷、钾养分携出量呈降低趋势, 当小麦籽粒产量由 4 000 增加到 8 000 kg/hm² 时, 每形成 100 kg 小麦籽粒的氮、磷、钾养分携出量分别降低了 18%, 15% 和 17%。【结论】在推荐施肥过程中, 有必要根据产量水平确定适宜的单位经济产量养分携出量参数, 以较准确地确定作物养分携出量。

【关键词】 小麦; 田间肥料试验; 养分吸收; 肥料利用率

【中图分类号】 S512.106.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)01-0166-05

Effects of different fertilizer applications on the N, P and K uptakes and fertilizer use efficiency on winter wheat in the irrigation region of Western Guanzhong, Shaanxi province

ZHANG Peng¹, LIU Rui¹, CUI Ya-sheng², WANG Tian-tai³,
WU Hong-ke⁴, ZHOU Jian-bin¹

(1 College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Station of Soil and Fertilizer, Huxian, Shaanxi 710300, China; 3 Station of Soil and Fertilizer, Zhouzhi, Shaanxi 710400, China;

4 Station of Soil and Fertilizer, Fufeng, Shaanxi 722200, China)

Abstract: 【Objective】The experiment was carried out to study the effects of different fertilizer applications on the N, P and K uptakes and fertilizer use efficiency on winter wheat in the irrigation region of Western Guanzhong area. 【Method】Sixteen “3414” field experiments in Huxian, Zhouzhi and Fufeng County were set to study the effect of different fertilizer applications on the N, P and K uptakes. 【Result】The N, P, K uptakes, fertilizers recovery and partial factor productivity were the highest in the N₂P₂K₂ treatment, which increased N, P uptakes significantly. The N, P, K fertilizers use efficiency were 30.94%, 21.65%, 41.49% in the N₂P₂K₂ treatment, respectively. The N, P, K uptakes for forming 100 kg wheat grains decreased as the wheat grain yield increased. When the wheat grain yield increased to 8 000 kg/hm² from 4 000 kg/hm², the N, P, K uptakes per 100 kg wheat grain reduced by 18%, 15%, 17%, respectively.

* [收稿日期] 2010-05-08

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2008BADA4B09); 西北农林科技大学拔尖人才支持计划项目(2006)

[作者简介] 张 鹏(1985—), 男, 陕西渭南人, 硕士, 主要从事植物营养与施肥研究。

[通信作者] 周建斌(1964—), 男, 陕西大荔人, 教授, 主要从事植物营养与施肥、养分循环与生态环境研究。

【Conclusion】 Therefore, in order to accurately estimate the amount of crop nutrients uptake in making fertilization recommendation, it is necessary to use various N, P, K uptakes to form 100 kg wheat grains according to the level of grain yield.

Key words: wheat; field experiment; nutrients uptake; fertilizer use efficiency

随着我国农业现代化的发展,化肥在农业生产中的作用越来越重要,化肥的生产量和施用量也迅速增加。2002年,我国化肥年生产量约占世界总产量的1/4,消费量约占世界总量的30%,且仍呈逐年增加的趋势^[1]。但我国肥料利用率较低,如水稻、麦类等主要农作物的氮肥利用率平均仅为28%~41%^[2],磷肥利用率仅为10%~25%^[3-4],这不仅浪费了宝贵的肥料资源,而且带来了突出的环境问题。

冬小麦是陕西省关中地区种植的主要粮食作物之一。近年来,这一地区大多数农民为获得较高产量而过量施肥,特别是过量施用氮肥的现象相当普遍^[5]。据调查^[6],目前该地区冬小麦平均施氮量在180 kg/hm²左右,而有些地区(如杨凌区)农户的施氮量则高达266 kg/hm²;施肥过程中磷、钾肥投入比例也不平衡^[7],造成肥料利用率偏低,施肥的经济效益低下。因此,如何指导这一地区小麦的合理施肥,是生产中迫切需要解决的问题。

目标产量法是常用的确定施肥量的方法之一^[6]。该方法根据目标产量确定作物养分吸收量,

再用作物养分吸收量减去土壤供给的养分,即为需要施肥量。而作物每生产100 kg籽粒产量的养分携出量是计算目标产量所需养分总量的重要参数,与推荐施肥的准确性密切相关。但目前关于不同施肥处理对陕西关中灌区不同地点小麦养分吸收以及每100 kg籽粒产量养分携出量的研究还鲜见报道。为此,本研究通过田间试验,探讨不同施肥处理对冬小麦氮、磷、钾养分吸收的影响,旨在为陕西关中灌区冬小麦的合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

田间试验在陕西省关中西部灌区的户县、周至和扶风等县的16个地点进行。该地区属半湿润易旱气候,年降雨量600~650 mm,年平均气温13.0~13.5℃,海拔420~600 m。作物轮作方式为小麦-玉米轮作,一年两熟,有灌溉条件。试验地土壤类型主要为塍土,少量为潮土,土壤基础肥力状况见表1。

表1 陕西关中西部灌区不同田间试验点土壤的基础肥力状况

Table 1 Basic characteristics of soils of different sites in western Guanzhong irrigation district

县区 County	试验点数 Amount of site	有机质/ (g·kg ⁻¹) Organic matter	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total N	0~100 cm 累积 硝态氮/ (kg·hm ⁻²) NO ₃ -N accumulation	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K
户县 Huxian	4	17.64±2.70	0.79±0.17	360.4±216.1	30.88±10.48	193.0±69.3
周至 Zhouzhi	8	17.19±3.01	0.73±0.09	314.9±152.7	11.13±7.89	111.0±41.0
扶风 Fufeng	4	14.27±1.68	0.71±0.09	406.7±277.6	23.97±10.91	193.0±41.0

1.2 田间试验设计

试验设计采用“3414”完全方案,包括N、P、K 3个研究因素,每个因素设4个水平,即0、1、2和3,其中0水平为不施肥,2水平为当地认为的合理施肥量,1水平为2水平的1/2,3水平为2水平的1.5

倍,共计14个处理,编号为N0P0K0, N0P2K2, N1P2K2, N2P0K2, N2P1K2, N2P2K2, N2P3K2, N2P2K0, N2P2K1, N2P2K3, N3P2K2, N2P1K1, N1P2K1, N1P1K2。各地区根据生产情况的不同,采用的2水平施肥量见表2。

表2 陕西关中西部灌区不同田间试验点小麦N、P、K 2水平施肥量

Table 2 N, P, K application rate of the second degree in the different regions in western Guanzhong irrigation district kg/hm²

地区 Regions	氮肥(N) N fertilizer	磷肥(P ₂ O ₅) P fertilizer	钾肥(K ₂ O) K fertilizer
户县 Huxian	240	75	180
周至塬区 South plateau of Zhouzhi	210	75	120
周至灌区 Irrigation region of Zhouzhi	240	120	150
周至下湿地 Wet region of Zhouzhi	225	90	150
扶风南部川道 Southern Fufeng	180	135	60
扶风中部灌区 Central of Fufeng	180	135	75
扶风北部灌区 Northern Fufeng	180	135	90

试验选择平整均匀的田块,随机排列,小区面积 20 m²,其中周至县广济镇永红村、农科试验站和户县渭丰乡元村试验点重复 2 次,其余试验点各重复 1 次。供试冬小麦品种为“西农 979”,播种量为 175 kg/hm²。肥料为尿素、过磷酸钙和氯化钾,所有肥料均作为基肥一次性施入。其他田间管理措施与当地大田一致。

1.3 测定项目及方法

于 2009-06-01 小麦收获期,采集各试验点 14 个处理中的 N0P0K0、N0P2K2、N2P0K2、N2P2K0 和 N2P2K2 等 5 个处理的植株地上部分样品,每小区采集 0.5 m 或 0.25 m² 样段,将样品分为籽粒、颖壳、茎秆和叶片,于 70 ℃ 烘干至恒质量后称质量。样品粉碎后,采用硫酸-双氧水消煮、半微量凯氏定氮仪测定全氮含量,钒钼黄比色法测定全磷含量,火焰分光光度计法测定全钾含量。

养分吸收量、肥料利用率和肥料偏生产力的计算公式为:

$$\text{养分吸收量}(\text{kg}/\text{hm}^2) = \text{养分含量} \times \text{每 hm}^2 \text{ 生物量}/1000;$$

肥料利用率 = (施肥区养分吸收量 - 不施肥区养分吸收量) / 施肥量 × 100%;

$$\text{肥料偏生产力}(\text{kg}/\text{kg}) = \text{施肥区作物籽粒产量} / \text{施肥量}。$$

1.4 数据处理

所有试验数据均采用 SAS8.0 和 Microsoft Excel 2003 进行统计与分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对冬小麦氮、磷、钾吸收量的影响

由表 3 可以看出,不同施肥处理对小麦的氮素吸收量均有明显影响。除周至外,其余试验区各施肥处理的平均氮素吸收量均依次表现为 N2P2K2 > N2P2K0 > N2P0K2 > N0P2K2 > N0P0K0,其中均以 N2P2K2 处理的氮素吸收量最高。周至、扶风 N2P2K2 处理小麦的氮素吸收量与 N0P0K0 处理间差异达显著水平,而户县 4 个试验点各处理小麦氮素吸收量间差异不显著。

表 3 不同试验区各施肥处理对冬小麦氮、磷、钾养分吸收量的影响

Table 3 Effects of different fertilization treatments on N,P and K uptake of winter wheat

kg/hm²

养分种类 Nutrient	县区 County	试验点数 Amount of site	养分吸收量 Nutrients uptake				
			N0P0K0	N0P2K2	N2P0K2	N2P2K0	N2P2K2
氮 N	户县 Huxian	4	114.00 a	121.34 a	128.43 a	140.06 a	151.22 a
	周至 Zhouzhi	8	139.55 b	162.54 b	188.85 ab	181.61 ab	234.00 a
	扶风 Fufeng	4	130.84 b	140.92 ab	156.54 ab	174.20 a	179.04 a
	平均 Average	16	128.13 b	141.60 ab	157.94 ab	165.29 ab	188.09 a
磷 P	户县 Huxian	4	20.82 a	25.28 a	32.64 a	29.82 a	32.14 a
	周至 Zhouzhi	8	30.89 c	40.70 bc	54.64 a	42.47 b	57.28 a
	扶风 Fufeng	4	30.22 c	33.31 c	41.28 b	42.96 b	58.67 a
	平均 Average	16	27.31 a	29.30 a	42.85 a	38.42 a	49.36 a
钾 K	户县 Huxian	4	97.37 a	86.76 a	103.71 a	103.17 a	113.58 a
	周至 Zhouzhi	8	133.12 a	153.35 a	150.12 a	161.02 a	192.18 a
	扶风 Fufeng	4	127.18 a	120.77 a	128.98 a	141.39 a	128.31 a
	平均 Average	16	119.22 a	120.29 a	127.60 a	135.19 a	144.69 a

注:同行不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。下表同。

Note: Different letters in a same row indicates the significant difference at 5% level. The same as follow.

不同施肥处理明显影响周至、扶风不同地点小麦的磷素吸收量,具体表现为:施磷、钾肥处理(N0P2K2)小麦对磷素的吸收量较不施肥的对照(N0P0K0)有所增加,但差异未达显著水平;除户县外,氮肥与磷肥或氮肥与钾肥配合施用(N2P2K0、N2P0K2)及与磷、钾肥同时配合施用(N2P2K2)时,小麦对磷素的吸收量较不施肥的对照(N0P0K0)显著增加,其中以 N2P2K2 处理小麦的磷素吸收量最高。户县不同地点各施肥处理小麦磷素吸收量差异不显著,这可能与供试田块土壤有效磷含量较高有

关(表 1)。总体而言,各施肥处理对小麦的磷素吸收量虽有影响,但差异未达显著水平,这可能与不同试验养分吸收量的差异较大有关。

由表 3 可知,与不施肥处理(N0P0K0)相比,3 个地区各施肥处理小麦的钾素吸收量虽有所增加,但差异均未达显著水平,这可能与研究地区土壤有效钾含量丰富(表 1)及小麦对施用的钾肥不敏感有关^[8]。

2.2 不同施肥处理对冬小麦养分利用率的影响

由表 4 可以看出,不同施肥处理相比,N2P2K2

处理的肥料利用率及肥料偏生产力均最高。N2P2K2 处理的氮、磷、钾肥料利用率分别为 30.94%, 21.65%, 41.49%, 氮、磷利用率均显著高

于其他处理,钾肥利用率也较其他处理有所增加,但差异未达显著水平,说明氮、磷、钾配合施用,有利于提高肥料的利用效率。

表 4 不同施肥处理冬小麦氮、磷、钾肥利用效率的比较

Table 4 Comparisons of efficiency of N,P and K fertilizer in different treatments of winter wheat

养分种类 Nutrient	评价指标 indexes	试验处理 Treatments			
		N0P2K2	N2P0K2	N2P2K0	N2P2K2
氮 N	肥料利用率/% Fertilizers recovery	—	16.56 b	20.62 b	30.94 a
	肥料偏生产力/(kg·kg ⁻¹) Partial factor productivity	—	28.71 a	29.66 a	34.21 a
磷 P	肥料利用率/% Fertilizers recovery	7.04 b	—	12.03 b	21.65 a
	肥料偏生产力/(kg·kg ⁻¹) Partial factor productivity	47.45 b	—	58.32 ab	67.53 a
钾 K	肥料利用率/% Fertilizers recovery	33.04 a	15.01 a	—	41.49 a
	肥料偏生产力/(kg·kg ⁻¹) Partial factor productivity	47.24 a	56.98 a	—	68.13 a

2.3 冬小麦氮、磷、钾养分吸收量与籽粒产量的关系

由图 1 可以看出,小麦籽粒产量与其地上部分的养分吸收量间存在密切的关系。随着小麦产量的提高,小麦对氮、磷、钾的吸收量逐渐增加。

表 5 所示。从表 5 可以看出,小麦的籽粒产量为 4 000~8 000 kg/hm² 时,每形成 100 kg 籽粒的小麦氮、磷、钾养分携出量分别为 2.52~3.06, 0.56~0.66 和 2.20~2.65 kg, 平均分别为 2.79, 0.61, 2.43 kg。由表 5 还可见,随着产量水平的提高,每形成 100 kg 籽粒时的氮、磷、钾养分携出量呈逐渐下降趋势。

表 5 不同产量水平下每形成 100 kg 籽粒产量时冬小麦的氮、磷、钾养分携出量

Table 5 Demand of N,P and K nutrient to produce 100 kg grain yield of wheat under different yield levels kg

目标产量/(kg·hm ⁻²) Target yield	氮 N	磷 P	钾 K
4 000	3.06	0.66	2.65
5 000	2.87	0.63	2.49
6 000	2.73	0.60	2.37
7 000	2.62	0.58	2.28
8 000	2.52	0.56	2.20

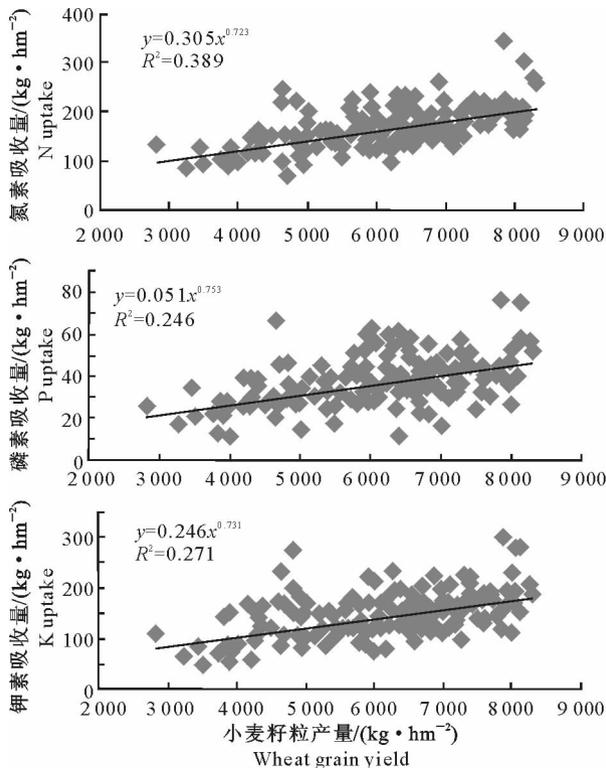


图 1 冬小麦氮、磷、钾吸收量与籽粒产量的关系
Fig. 1 Relationships between N,P,K uptake and the grain yields of wheat

根据小麦氮、磷、钾的吸收量与其籽粒产量间的拟合方程,可得研究地区不同目标产量下每形成 100 kg 籽粒产量时小麦的氮、磷、钾养分携出量如

3 讨论

本研究结果表明,不同施肥处理时冬小麦的氮、磷、钾养分吸收量均以氮、磷、钾配合施用处理(N2P2K2)最高,而以未施肥的对照最低;氮、磷、钾肥的利用效率及偏生产力也均以 N2P2K2 处理最高,其中以氮、磷吸收量的增加幅度较为显著,钾吸收量的增加幅度未达显著水平,说明氮、磷、钾肥配合施用促进了养分的吸收,提高了肥料利用率^[9-13];钾肥吸收效果不明显可能与供试地区土壤有效钾含量相对丰富有关。

本研究发现,不同施肥处理对小麦氮、磷、钾养分吸收量的影响因试验地点的不同而有差异。不同施肥处理均对扶风及周至试验点小麦氮、磷养分的吸收

量有显著影响,而户县试验点各处理氮、磷、钾养分的吸收量虽然有不同程度的增加,但增加幅度均未达显著水平,这可能与该区土壤养分含量相对较高有关。

不施肥处理(N0P0K0)的养分吸收量反映了土壤供应养分的能力。本研究结果表明,土壤有效氮、磷、钾含量与不施肥处理小麦氮、磷、钾养分吸收量间的关系均未达显著水平,而土壤有机质、全氮与小麦磷素吸收量间的关系达显著水平,这可能与土壤有效养分含量高有关;另一方面,也可能与不同试验点生产管理措施的差异等因素有关。

每形成 100 kg 籽粒时的作物氮、磷、钾养分携出量是采用目标产量法推荐施肥的重要参数。在目前的研究中,每形成 100 kg 时的小麦籽粒氮、磷、钾养分携出量分别按 3, 1.25 和 2.5 kg 计算^[14]。本研究表明,随着冬小麦产量水平的提高,每形成 100 kg 籽粒时,小麦的氮、磷、钾养分携出量呈降低趋势。当小麦籽粒产量由 4 000 增加到 8 000 kg/hm² 时,每形成 100 kg 小麦籽粒的氮、磷、钾养分携出量分别降低了 18%, 15% 和 17%。其他学者在关中地区的研究发现,每形成 100 kg 小麦籽粒的氮、磷、钾养分携出量与肥力水平有关,高肥力田块的氮、磷、钾养分携出量分别为 2.7, 0.47 和 2.4 kg, 中低肥力田块分别为 2.8, 0.45 和 2.0 kg^[15]; 还有研究表明,每形成 100 kg 小麦籽粒的氮、磷、钾养分携出量分别为 3.0, 0.4~0.65, 1.7~3.3 kg^[16]。由此可见,在推荐施肥的过程中,有必要根据产量水平确定适宜的单位经济产量养分携出量参数,以较准确地确定作物养分携出量,提高推荐施肥的准确性。

[参考文献]

- [1] 马文奇,张福锁,张卫峰. 关于我国资源、环境、粮食安全和可持续发展的化肥产业 [J]. 资源科学, 2005, 27(3): 33-40.
Ma W Q, Zhang F S, Zhang W F. Fertilizer production and consumption and the resources, environment, food security and sustainable development in China [J]. Resources Science, 2005, 27(3): 33-40. (in Chinese)
- [2] 朱兆良,文启军. 中国土壤氮 [M]. 南京:江苏科学技术出版社, 1992: 213-249.
Zhu Z L, Wen Q J. Soil nitrogen in China [M]. Nanjing: Phoenix Science Press, 1992: 213-249. (in Chinese)
- [3] 时正元,鲁如坤,顾益初. 土壤积累态磷研究: I. 一次大量施磷的产量效应 [J]. 土壤, 1995, 27(2): 57-59.
Shi Z Y, Lu R K, Gu Y C. Accumulation of soil phosphorus: I. Yield effect of a large number of phosphorus [J]. Soil, 1995, 27(2): 57-59. (in Chinese)
- [4] 鲁如坤,时正元,顾益初. 土壤积累态磷研究: II. 磷肥的表现积累利用率 [J]. 土壤, 1995, 27(6): 286-287.
Lu R K, Shi Z Y, Gu Y C. Accumulation of soil phosphorus: II. The apparent accumulation of phosphorus utilization [J]. Soil, 1995, 27(6): 286-287. (in Chinese)
- [5] 同延安, Ove Emteryd, 张树兰, 等. 陕西省氮肥过量施用现状 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(8): 1239-1244.
Tong Y A, Ove Emteryd, Zhang S L, et al. Evaluation of over-application of nitrogen fertilizer in China's Shaanxi Province [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(8): 1239-1244. (in Chinese)
- [6] 陈新平,张福锁. 小麦-玉米轮作体系养分资源综合管理理论与实践 [M]. 北京:中国农业大学出版社, 2006: 290.
Chen X P, Zhang F S. The theory and practice of nutrients management under the winter wheat-summer maize rotation system [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2006: 290. (in Chinese)
- [7] 王圣瑞,马文奇,徐文华,等. 陕西省小麦施肥现状与评价研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(1): 31-37.
Wang S R, Ma W Q, Xu W H, et al. Evaluation and present situation of fertilization for wheat in Shaanxi Province [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(1): 31-37. (in Chinese)
- [8] 张会民,刘红霞,苗艳芳. 施钾对旱地冬小麦养分含量及吸收量的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(4): 34-37.
Zhang H M, Liu H X, Miao Y F. Effect of potassium fertilizer on nutrient content and uptake of winter wheat in dry land [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2002, 20(4): 34-37. (in Chinese)
- [9] 陈占全,李月梅,孙小凤,等. 青海省耕地质量现状分析及平衡施肥建议 [J]. 青海农林科技, 2008(2): 32-64.
Chen Z Q, Li Y M, Sun X F, et al. Analysis on status of cultivated land quality Qinghai and balanced fertilization suggestion [J]. Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry, 2008(2): 32-64. (in Chinese)
- [10] 李云,张宁,邢文英. 冬小麦磷肥利用率主要影响因素的研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 424-427.
Li Y, Zhang N, Xing W Y. Major factors influencing phosphorus use efficiency of winter wheat [J]. Plant Nutrition and Fertilizing Science, 2002, 8(4): 424-427. (in Chinese)
- [11] 赵俊晔,于振文,李延奇,等. 施氮量对小麦氮磷钾养分吸收利用和产量的影响 [J]. 西北植物学报, 2006, 26(1): 98-103.
Zhao J Y, Yu Z W, Li Y Q, et al. Effects of different nitrogen rates of fertilization on nitrogen, phosphorous and potassium uptakes and utilizations as well as kernel yield of wheat under high-yield circumstances [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2006, 26(1): 98-103. (in Chinese)
- [12] 许晶晶,郝明德,赵云英. 黄土高原旱地小麦氮磷钾与有机肥优化配施试验 [J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3): 143-147.
Xu J J, Hao M D, Zhao Y Y. Combination effects of nitrogen, phosphorus, potassium and organic manure on winter wheat in dry land of the Loess Plateau [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2009, 27(3): 143-147. (in Chinese)

基于突变级数法的半干旱黄土丘陵沟壑区小流域水土保持综合效益研究

焦金鱼¹, 贵立德², 何启明¹, 杨 东³

(1 定西师范高等专科学校 地理系, 甘肃 定西 743000; 2 定西市水土保持科学研究所, 甘肃 定西 743000;

3 西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

[摘要] 【目的】利用突变理论与模糊数学相结合产生的突变模糊隶属函数, 研究半干旱黄土丘陵沟壑区小流域水土保持综合效益的多目标评价问题。【方法】运用突变级数法, 将小流域水土保持综合效益按照突变理论的要求进行多层次矛盾分解, 从保水保土的基础效益、经济效益、生态效益、社会效益 4 个方面构建了 16 项评价指标, 对半干旱黄土丘陵沟壑区安家坡小流域的水土保持综合效益进行了评价。【结果】安家坡小流域水土保持综合效益从 20 世纪 60 年代到 90 年代有 2 个明显的增长期, 2000 年以后发展平稳, 该小流域的生态经济环境步入良性循环状态。【结论】安家坡小流域水土保持综合突变指数随时间呈波动式上升趋势, 与实地调研结果相符。实例评价结果表明, 突变级数法是合理、客观而可行的, 其为解决半干旱黄土丘陵沟壑区小流域水土保持综合效益多目标评价问题提供了一种新思路。

[关键词] 突变级数法; 小流域; 水土保持; 效益评价

[中图分类号] S157

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)01-0171-08

Study on comprehensive benefits of soil and water conservation of small watershed in semi-arid loess hilly region based on catastrophe progression method

JIAO Jin-yu¹, GUI Li-de², HE Qi-ming¹, YANG Dong³

(1 Department of Geography, Dingxi Teachers' College, Dingxi, Gansu 743000, China; 2 Institute of Soil and Water

Conservation of Dingxi City, Dingxi, Gansu 743000, China; 3 College of Geography and Environmental Sciences,

Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: 【Objective】Catastrophe fuzzy membership function produced by combination of catastrophe and fuzzy mathematics theory was used to study problems about integrated multi-objective evaluation of soil and water conservation effectiveness of small watershed in semi-arid loess hilly region. 【Method】Catastrophe progression method was used to decompose contradictory multi-objective level of the small watershed comprehensive benefits in accordance with the requirements of catastrophe theory. This study evaluated comprehensive benefit of soil and water conservation of small Anjiapo watershed in semi-arid loess hilly region with 16 evaluating factors selected from 4 aspects on the basis of effectiveness, economic efficiency, ecological benefits and social benefits. 【Result】Anjiapo small watershed comprehensive benefit from 1960 to 1990 has two distinct growth periods, growing steadily since 2000. Ecological and economic environment of small watershed has entered into a virtuous circle simultaneously. 【Conclusion】Integrated catastrophe index of Anjiapo watershed soil and water conservation showed a fluctuated increase. The conclu-

* [收稿日期] 2010-06-18

[基金项目] 国家自然科学基金项目(40599424, 40473006); 甘肃省教育厅高校社科项目“西部县域经济发展研究”(0619B-01)

[作者简介] 焦金鱼(1974—), 男, 甘肃通渭人, 讲师, 硕士, 主要从事区域环境与水土保持研究。E-mail: jiaojinyu2006@163.com