

高陵县土地整理中新增耕地土壤养分现状研究

马超群^{1,2}, 刘铁铭³, 杨梅焕¹

(1 西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127; 2 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054;

3 西安市地质环境监测站, 陕西 西安 710003)

[摘要] **【目的】**研究土地整理项目中新增耕地土壤养分含量的特征, 为更好地发挥土地整理效果提供依据。**【方法】**采集高陵县通远-湾子土地整理项目中, 分别由工业用地、坟墓用地、晒谷场、苇地等 4 种土地利用类型经整理后的新增耕地 17 个土壤样品, 测定其有机质、全氮、速效磷、速效钾和代换量, 运用 SPSS 统计软件分析了土壤养分状况。**【结果】**新增耕地土壤养分中有机质、全氮、速效磷、速效钾和代换量含量平均分别为 16.53 g/kg, 4.72 g/kg, 84.94 mg/kg, 202.80 mg/kg 和 13.25 cmol/kg。土壤养分含量变化较大, 有机质、全氮、速效磷、速效钾和代换量变异系数平均分别达到 80.49%, 6.22%, 31.77%, 37.06% 和 21.10%, 原有利用类型对土壤养分差异形成无明显影响。土壤中各养分间相关程度较低, 有机质与速效磷、代换量, 速效钾与速效磷和代换量之间呈弱相关, 相关系数分别为 0.415, -0.372, 0.459 和 0.375, 其余养分含量之间无明显相关性。**【结论】**新增耕地土壤各养分含量较 1996 年大幅增加, 已达高肥力水平, 但养分来源主要为化肥, 有机肥施用不足。因此, 应保持土壤有机质平衡和提高土壤有机质含量作为培肥中心环节, 在培肥土壤方面提倡有机无机肥配合施用。

[关键词] 土壤养分; 土地整理; 新增耕地; 高陵县

[中图分类号] S158.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2010)05-0175-06

Analysis of soil nutrients of the newly-increased farmland in the process of land consolidation in Gaoling County

MA Chao-qun^{1,2}, LIU Tie-ming³, YANG Mei-huan¹

(1 College of Urban and Environmental Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127, China;

2 College of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China;

3 Geological Environment Monitoring Station of Xi'an, Xi'an, Shaanxi 710003, China)

Abstract: **【Objective】** More effective land consolidation is put forward by analyzing the characteristics of nutrient content of the newly-increased farmland soil in the process of land consolidation. **【Method】** 17 soil samples of the newly-increased farmland converted from industry land, tomb land, field land and bulrush land are collected in Tongyuan-Wanzi land consolidation project Gaoling County. The content of soil organic matter, total nitrogen, available P, available K and base-exchange capacity are measured and the characteristics of nutrient content are analyzed with the software of SPSS. **【Result】** The results show that, the means of soil organic, matter total nitrogen, available P, available K and base-exchange capacity are 16.53 g/kg, 4.72 g/kg, 84.94 mg/kg, 202.80 mg/kg and 13.25 cmol/kg. The change of nutrients in different newly-increased farmland is higher. The means of CV of soil organic, matter total nitrogen, available P, available K and base-exchange capacity are 80.49%, 6.22%, 31.77%, 37.06% and 21.10%. The former land use patterns do not affect the change of nutrients in different newly-increased farmlands. The correlation between each nutrients is weak. The correlation coefficients of soil organic-available P and base-ex-

* [收稿日期] 2009-11-20

[基金项目] 国家重大基础研究前期专项(自然科学)(2003ccc01500)

[作者简介] 马超群(1976—), 男, 陕西西安人, 讲师, 在读博士, 主要从事土地利用、覆被变化研究。E-mail: chaoqunm@chd.edu.cn

change capacity, available P-available K and base-exchange capacity are 0. 415, −0. 372, 0. 459 and 0. 375. 【Conclusion】 The means of soil nutrients in the newly-increased farmland reached a high level, which can meet agricultural requirements. While maintaining the balance of soil organic matter and improving soil organic matter content, more importance should be attached to the application of both organic and inorganic fertilizers.

Key words: soil nutrient; land consolidation; newly-increased farmland; Gaoling County

粮食安全是我国面临的一大挑战。为确保粮食生产能力,除严格控制农业用地非农转化,确保耕地数量外,进行土地整理,改善土地生产条件,提高现有耕地生产能力也是重要措施之一。在土地整理完成后,土地生产条件对农业生产的限制已基本解决^[1],土壤养分肥力成为影响农业生产的关键因素,因此充分了解土壤养分肥力状况对于更好地发挥土地整理的效果有重要的指导意义。

目前,关于土地整理的研究已取得了大量成果,特别是在土地整理的意义,土地整理区划与规划,土地整理工程措施等方面都取得了较为完善且深入的成果^[1-6],这对于提高土地生产能力,保障粮食生产具有重要作用。但是,先前土地整理方面的研究主要基于解决制约农业发展的外部因素,却忽视了农田管理,如灌溉、施肥、耕作等。同时,传统土壤养分研究偏重于利用方式稳定、连续性较强的土地^[7-12],对土地整理中出现的通过用途转化得到的新增耕地研究较少,这部分新增耕地成为了研究盲点。

本研究对 2009 年陕西高陵县通远-湾子土地整理项目中,由工业用地、坟墓用地、晒谷场用地和苇地 4 类非农用地转化的耕地进行土壤养分调查,应用 SPSS 统计软件分析了土壤养分状况,并与已有研究结果^[7]进行比较,探讨新增耕地土壤养分特征与原利用方式间的关系及养分总体变化趋势,以期对当地农业生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

通远-湾子土地整理项目区地处陕西高陵县西北部通远镇和湾子乡交界处,位于东经109°00′00″~109°03′45″,北纬 34°32′30″~34°36′00″。属暖温带大陆性季风区。年平均日照时数 2 247. 3 h,年平均气温 13. 2 ℃,无霜期 212 d,年平均降雨量 570 mm。该整理区属基本农田保护区,主要作物为小麦和玉米。

土地整理总面积为 1 994. 16 hm²,其中新增耕地主要来自对旧有农业用地改造和其他用地复垦,

包括果园 19. 89 hm²,农田水利用地 7. 34 hm²,晒谷场 16. 41 hm²,特殊用地(坟墓)18. 22 hm²,工业用地(主要为砖瓦厂)14. 47 hm²,未利用地(苇地)4. 78 hm²,扣除农村道路及防护林占地后为 74. 02 hm²。湾子乡土壤主要为冲积型潮土,灰棕色中壤质地,粒块状结构,通气良好。通远镇土壤为壤质石灰性新积土,黄棕色中壤质地,团块状结构,含有少量粗砂和小石砾,适合种植多种农作物。

1.2 土样选取

本次调查设定取样地 17 个,对新增耕地中晒谷场、特殊用地(坟墓用地)、工业用地(主要为砖瓦厂)及未利用地(苇地)整理前后用途变化较大、理化特性未知的土地,按用地面积比重和位置分布,确定取样点数目及具体取样地点(表 1)。

表 1 新增耕地取样点数目及具体位置
Table 1 Number and the location of plots tested in newly-increased farmland

原土地利用类型 Formerly land-use pattern	土地利用图地块编号 No. of spots in land-use map
工业用地 Industry land	017-7、F32-8、024-6、F032-15、 F032-6、28-14
坟墓用地 Tomb land	007-3、008-4、F026-5、F32-8、 028-10、F28-11
晒谷场 Field land	Z025-1、008-2、F027-6
苇地 Bulrush field	27-10、K019-5

在每块研究样地上,按梅花法分为 5 个点,遵从“随机”、“等量”和“多点混合”^[13]的原则进行采样,从地表开始,采用常规采样法取 0~30 cm 土层的土样,每个土样 1 000 g 左右,装袋带回实验室进行室内分析。

1.3 测定项目及方法

测定前,土壤样品自然风干,按常规方法处理^[14]。有机质含量采用重铬酸钾容量法(外加热法)测定;全氮含量采用半微量凯氏定氮法测定;速效磷含量采用 NaHCO₃ 浸提,钼锑抗比色法测定;速效钾含量采用 NH₄OAc 浸提,原子吸收法测定;代换量采用中性 NH₄OAc 法测定。同一土样相同指标测定 3 次,取其平均值^[14-15]。

1.4 数据统计分析

采用 SPSS 13.0 进行数据录入、统计和分析。

2 结果与分析

2.1 新增耕地土壤养分含量的分析

由表 2 可知,高陵县土地整理中新增耕地的土壤有机质含量为 1.41~47.23 g/kg,平均为 16.53 g/kg。按照农田土壤有机质丰缺指标^[7-8,15],有机质含量>15 g/kg 为高肥力土壤,有机质含量 15~12.5 g/kg 为中上等肥力土壤,有机质含量 12.5~

10 g/kg(含 10 g/kg)为中下等肥力土壤,新增耕地属高肥力土壤。在各用地类型中,有机质含量平均值最高为原坟墓用地(21.23 g/kg),其次为苇地和晒谷场用地,有机质含量平均值分别为 18.95 和 17.71 g/kg,这 3 类用地均属高肥力土壤;原工业用地最低,平均值仅为 10.43 g/kg,属中下等肥力土壤。据易亮等^[9]和侯琳等^[10]的研究,以变异系数来反映土壤养分的变异。土壤有机质平均变异系数达到了 80.49%,属于强变异,其含量极差之间相差达 33.53 倍。

表 2 高陵县土地整理中不同利用类型土地的土壤养分含量

Table 2 Statistical characteristics of soil nutrient content under 4 land-use patterns in Gaoling land consolidation project						
原土地利用类型 Formerly land-use pattern	地块编号 No. of spots	有机质/ (g·kg ⁻¹) Organic matter	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total nitrogen	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K	代换量/ (cmol·kg ⁻¹) CEC
工业用地 Industry land	平均值 Mean	16.53	4.72	84.94	202.80	13.25
	1(017-7)	8.31	4.61	60.23	156.72	12.75
	2(F32-8)	17.93	4.67	78.44	349.06	16.25
	3(024-6)	4.79	4.48	76.13	168.01	16.06
	4(F032-15)	2.64	4.59	70.48	169.43	14.87
	5(F032-6)	27.49	4.85	76.14	119.87	13.50
	6(28-14)	1.41	4.86	101.13	211.58	12.81
	平均值 Mean	10.43	4.68	77.09	195.78	14.37
	变异系数 * CV	98.33	3.20	17.49	41.18	10.99
	7(007-3)	10.97	4.71	33.75	211.29	13.81
	8(008-4)	18.76	4.90	172.68	314.95	19.25
	9(F026-5)	3.81	4.77	59.12	143.75	12.63
	10(F32-8)	47.23	4.45	99.58	221.89	11.69
	11(028-10)	22.95	4.64	73.14	202.79	11.19
坟墓用地 Tomb land	12(F28-11)	23.67	4.38	123.07	266.83	10.06
	平均值 Mean	21.23	4.64	93.56	226.92	13.10
	变异系数 * CV	69.86	4.25	53.12	25.78	24.94
	13(Z025-1)	33.08	4.17	97.34	221.99	14.00
	14(008-2)	7.25	5.34	71.25	223.83	13.62
	15(F027-6)	12.80	4.79	77.67	101.39	13.44
晒谷场 Field land	平均值 Mean	17.71	4.77	82.09	182.40	13.69
	变异系数 * CV	76.79	12.25	16.56	38.47	2.09
	16(27-10)	3.71	4.71	60.65	205.11	13.25
	17(K019-5)	34.18	5.29	113.25	159.13	6.12
	平均值 Mean	18.95	5.00	86.95	182.12	9.69
苇地 Bulrush field	变异系数 * CV	113.69	8.27	42.78	17.85	52.00

注:变异系数单位为“%”。
Note:The unit of CV is “%”.

整理区新增耕地的土壤全氮含量为 4.17~5.34 g/kg,平均值为 4.72 g/kg,变异系数平均值仅为 6.22%,属于极轻度变异,表明全氮含量在各土壤样本中比较稳定。

整理区新增耕地的土壤速效磷含量为 33.75~172.68 mg/kg,平均值为 84.94 mg/kg,变异系数为 16.56%~53.12%,平均值为 31.77%,属中等变异,其中原坟墓用地中速效磷含量差异最大。4 类

新增耕地中原坟墓用地速效磷平均含量最高,其次为苇地和晒谷场用地,原工业用地最小。

整理区新增耕地的土壤速效钾含量较高,为 101.39~349.06 mg/kg,平均值为 202.80 mg/kg,变异系数平均为 37.06%,属中等变异。其中原坟墓用地速效钾含量最高,其次为工业用地,晒谷场和苇地均较低。各类用地中,速效钾含量变化最为显著的是原工业用地和原晒谷场用地。

整理区新增耕地的土壤代换量为 6.12~19.25 cmol/kg,平均值为 13.25 cmol/kg,变异系数平均值为 21.10%。各种土地类型中,工业用地代换量最高,其次为晒谷场和坟墓用地,苇地最小。

除全氮外,各土地利用类型其他养分含量差异均较大,不同地块土壤肥力变化较大,其中又以有机质含量变化最明显(表 2)。

同时,对比已有研究成果^[7]发现,高陵县土地整理项目新增耕地中土壤主要养分含量有机质(16.53 g/kg)、全氮(4.72 g/kg)、速效磷(84.94 mg/kg)、速效钾(202.80 mg/kg)分别较 1996 年高陵县泾惠灌区土壤平均养分含量(有机质含量 11.10 g/kg,全氮含量 0.89 g/kg,速效磷含量 4.5 mg/kg,速效钾含量 184.00 mg/kg)增加 1.49,5.30,18.88 和 1.10 倍。说明高陵县土地整理项目新增耕地土壤养分条件得到大幅改良,有机质由中下水平提高至高肥力

水平,土壤缺氮、缺磷的状况基本扭转,新增耕地中氮、磷、钾等营养元素平均含量均超过高肥力土壤水平。

2.2 不同土地利用类型土壤养分含量的分析

从养分在不同土地利用类型中的统计结果来看(表 2),各养分组成具有一定差异,主要表现为:工业用地除代换量较高外,其余养分水平均较低;坟墓用地养分平均含量较高,有机质、速效磷变异情况较大;晒谷场和苇地养分含量居中。

利用方差分析可以看出,土壤养分变异主要由各土地利用类型内部差异所引起(表 3),即原利用方式对土壤养分差异形成无明显影响。这可能是由于土壤样本数量较少,不足以反映不同利用方式间养分的差异;土地培肥主要通过施加化肥进行,土壤养分积累受历史影响较小,原土地利用方式对现有土壤养分形成无明显关系。

表 3 高陵县土地整理项目新增耕地中土壤养分的方差分析

Table 3 ANOVA of soil nutrients in newly-increased farmland in Gaoling

指标 Index	误差源 Error source	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方 Mean square	F 值 F _{0.05}	显著度 Sig.
有机质 Organic matter	组间 Between groups	371.84	3	123.94	0.66	0.59
	组内 Within groups	2 459.44	13	189.19		
全氮 Total nitrogen	组间 Between groups	215 987.73	3	71 995.91	0.81	0.51
	组内 Within groups	1 159 968.74	13	89 228.36		
速效磷 Available P	组间 Between groups	847.47	3	282.49	0.24	0.86
	组内 Within groups	15 010.29	13	1 154.64		
速效钾 Available K	组间 Between groups	5 889.00	3	1 963.00	0.42	0.74
	组内 Within groups	60 511.89	13	4 654.76		
代换量 CEC	组间 Between groups	33.67	3	11.22	1.60	0.24
	组内 Within groups	91.40	13	7.03		

2.3 新增耕地中土壤养分的相关分析

土壤养分受诸多因素的影响,各养分之间存在复杂的联系,有机质、全氮、速效磷、速效钾、代换量形成既独立又相互联系的关系,共同对作物生长发育提供支持。判断各养分因素之间的联系可以更为全面地反映土壤肥力结构。

本研究区新增耕地土壤中有有机质变异系数在不

同类型土壤中均最高,不同地块间有机质含量差异也最大,而全氮恰恰相反,十分稳定,二者的相关系数仅为-0.185,无显著相关性。新增耕地中速效磷与有机质含量之间相关系数为 0.415,呈弱相关。速效钾与有机质含量之间相关系数为 0.154,二者间无显著相关性。代换量与有机质变化趋势相反,呈弱的负相关,相关系数为-0.372(表 4)。

表 4 高陵县土地整理项目新增耕地中土壤养分的相关系数

Table 4 Correlation between available nutrients in newly-increased farmland in Gaoling

指标 Index	有机质 Organic matter	全氮 Total nitrogen	速效磷 Available P	速效钾 Available K	代换量 CEC
有机质 Organic matter	1.000				
全氮 Total nitrogen	-0.185	1.000			
速效磷 Available P	0.415 *	0.050	1.000		
速效钾 Available K	0.154	-0.131	0.459 *	1.000	
代换量 CEC	-0.372 *	-0.195	0.092	0.375 *	1.000

注: * 表示弱相关。
Note: * means weak relative at the 0.05 probability levels.

新增耕地中全氮含量与速效磷、速效钾和代换

量之间的相关系数分别为 0.05, -0.131 和

—0.195,可以判定全氮含量与速效磷、速效钾和代换量之间未形成显著相关性(表4)。

经检验,新增耕地中速效钾与速效磷和代换量之间呈弱相关,相关系数分别为0.459和0.375,速效磷与代换量之间相关系数为0.092,二者间无显著相关性(表4)。

3 结论与讨论

1)高陵县土地整理项目新增耕地土壤各养分含量较1996年以来大幅增加,已达高养分水平,符合多种农业用地要求。不同地块土壤养分差异较大,综合来看原坟墓用地土壤养分水平最高,原工业用地土壤养分最低,晒谷场和苇地居中。

2)根据已有研究成果,土壤养分中有机质不仅是土壤中各种营养元素特别是N、P的重要来源,而且有利于提高土壤保肥力和缓冲性,从而改善土壤的物理性质^[12],因此土壤有机质含量与其他养分含量之间应具有较高度度的相关性^[12,16-22]。高陵县土地整理项目新增耕地土壤中各养分含量之间相关性很弱,有机质除与速效磷、代换量呈弱相关外,其与全氮、速效钾之间无相关性。其他养分含量之间,仅速效钾与速效磷和代换量之间呈弱相关。说明土壤中主要营养元素并非来自有机质释放。结合不同土地利用类型土壤养分含量水平结果,原利用方式对土壤养分差异形成无明显影响,证明土地整理中新增耕地土壤养分含量受历史积累影响较小,主要为施用化肥的结果。

由于土壤有机质在改善土壤理化性质、调节土壤肥力因素等方面发挥着重要作用,因此应将保持土壤有机质平衡和逐步提高土壤有机质含量作为今后培肥土壤的中心环节,在培肥土壤方面提倡有机无机肥配合施用^[22]。

[参考文献]

[1] 龙花楼,李秀彬.中国耕地转型与土地整理:研究进展与框架[J].地理科学进展,2006,25(5):67-76.
Long H L,Li X B. Cultivated-land transition and land consolidation and reclamation in China: Research progress and frame [J]. Progress in Geography,2006,25(5):67-76. (in Chinese)

[2] 张正峰.我国土地整理模式的分类研究[J].地域研究与开发,2007,26(4):82-86.
Zhang Z F. Connotation and classification of land consolidation pattern in China [J]. Areal Research and Development,2007,26(4):82-86. (in Chinese)

[3] 薛继斌,吴次芳,叶艳妹,等.基于可拓工程方法的土地整理规划设计探讨[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2005,31

(6):816-819.
Xue J B,Wu C F,Ye Y M,et al. Research on planning and design of land consolidation based on extension engineering method [J]. Journal of Zhejiang University: Agric & Life Sci,2005,31(6):816-819. (in Chinese)

[4] 马超群,卫卫东,李芹芳.陕北黄土高原沟间地土地整理的意义与途径[J].国土资源科技管理,2008,25(6):105-109.
Ma C Q,Wei X D,Li Q F. Approaches and meaning of inter-rill land consolidation in northern Shaanxi [J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources,2008,25(6):105-109. (in Chinese)

[5] 徐畅,高明,谢德体,等.土地整理年限对紫色丘陵区土壤质量的影响[J].农业工程学报,2009,25(8):242-248.
Xu C,Gao M,Xie D T,et al. Effect of land consolidation history on soil quality of purple hilly region [J]. Transactions of the CSAE,2009,25(8):242-248. (in Chinese)

[6] 喻光明,车懿,林小微,等.土地整理规划中的水资源需求分析与工程设计[J].华中师范大学学报:自然科学版,2007,42(4):608-611. (in Chinese)
Yu G M,Che Y,Lin X W,et al. The demand analysis of water resources and engineering design in the planning of land consolidation [J]. Journal of Huazhong Normal University: Nat Sci Ed,2007,42(4):608-611. (in Chinese)

[7] 党银侠,王增信,梁理民,等.泾惠灌区土壤养分状况研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2000,28(6):83-88.
Dang Y X,Wang Z X,Liang L M,et al. The study of soil fertility on Jinghui irrigating area [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed,2000,28(6):83-88. (in Chinese)

[8] 贾维农.农业常用数据资料[M].北京:农业出版社,1980.
Jia W N. The data used by agriculture [M]. Beijing:China Agriculture Press,1980. (in Chinese)

[9] 易亮,李凯荣,张冠华,等.渭北黄土高原经济林地土壤养分特征研究[J].水土保持研究,2009,16(2):186-190.
Yi L,Li K R,Zhang G H,et al. Research on soil nutrients characteristics of economic forest in Weibei Loess Plateau [J]. Research of Soil and Water Conservation,2009,16(2):186-190. (in Chinese)

[10] 侯琳,雷瑞德,王得祥.黄龙山林区封育油松林土壤养分研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(2):63-68.
Hou L,Lei R D,Wang D X,et al. Study on soil nutrient and enzyme in hill closed and afforested natural secondary *Pinus tabulaeformis* forest land in Huanglong mountain [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed,2007,35(2):63-68. (in Chinese)

[11] 邢月华,韩晓日,汪仁,等.辽宁省玉米主产区土壤养分状况调查分析[J].土壤通报,2008,39(4):831-834.
Xing Y H,Han X R,Wang R,et al. Investigation of soil nutrient status in main maize planted regions of Liaoning province [J]. Chinese Journal of Soil Science,2008,39(4):831-834. (in Chinese)

[12] 吕烈武,魏志远,漆智平.海南省万宁市水稻土壤养分状况研

究 [J]. 热带农业科学, 2009, 29(4): 26-30.

Lv L W, Wei Z Y, Qi Z P. Soil nutrients status in paddy field in Wanning, Hainan province [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2009, 29(4): 26-30. (in Chinese)

[13] 中华人民共和国农业部. 土壤检测: 中华人民共和国农业行业标准 NY/T 1121 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.

Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Soil testing: NY/T 1121 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2007. (in Chinese)

[14] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.

Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Analysis of soil physical and chemical properties [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1978. (in Chinese)

[15] 北京农业大学. 农业化学 [M]. 北京: 农业出版社, 1979.

China Agriculture University. Agriculture chemistry [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1979. (in Chinese)

[16] 韩凤朋, 张兴昌, 郑纪勇. 黄河中游土壤有机质与氮磷相关性分析 [J]. 人民黄河, 2007, 29(4): 58-59.

Han F P, Zhang Z C, Zheng J Y. Study on correlation between soil organic and N P in soil in middle reaches of Yellow River [J]. Yellow River, 2007, 29(4): 58-59. (in Chinese)

[17] 尚兴甲, 王梅芳, 孔繁华, 等. 冀州市土壤有机质和速效氮磷钾的分布状况 [J]. 土壤, 2005, 37(3): 334-337.

Shang X J, Wang M F, Kong F H, et al. Distribution of soil organic matter and readily available N, P and K in the soils of Jizhou [J]. Soil, 2005, 37(3): 334-337. (in Chinese)

[18] 张建杰, 李富忠, 胡克林, 等. 太原市农业土壤全氮和有机质的空间分布特征及其影响因素 [J]. 生态学报, 2009, 29(6): 3163-3172.

Zhang J J, Li F Z, Hu K L, et al. Spatial characteristics and impact factors of soil total nitrogen and soil organic matter in Taiyuan [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(6): 3163-3172. (in Chinese)

[19] 李 东, 王子芳, 郑杰炳, 等. 紫色丘陵区不同土地利用方式下土壤有机质和全量氮磷钾含量状况 [J]. 土壤通报, 2009, 40(2): 310-314.

Li D, Wang Z F, Zheng J B, et al. Contents of soil organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium under different land-use patterns in Purple Hill area [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2009, 40(2): 310-314. (in Chinese)

[20] 陈婵婵, 肖 斌, 余有本, 等. 陕南茶园土壤有机质和 pH 值空间变异及其与速效养分的相关性 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(1): 182-188.

Chen C C, Xiao B, Yu Y B, et al. Spatial variability of soil organic matter and ph and the correlation to available nutrients in the tea garden of southern Shaanxi [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2009, 37(1): 182-188. (in Chinese)

[21] 周永娟, 侯彦林, 李红英, 等. 吉林省玉米主产区土壤有机质和速效养分分布特征 [J]. 土壤通报, 2008, 39(5): 1038-1041.

Zhou Y J, Hou Y L, Li H Y, et al. Distribution of soil organic matter and available nutrient in maize zone of Jilin province [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(5): 1038-1041. (in Chinese)

[22] 战秀梅, 韩晓日, 杨劲峰, 等. 沈阳市玉米主产区土壤有机质和有效磷含量及其与玉米产量水平之间的关系 [J]. 中国土壤与肥料, 2007(3): 29-31.

Zhan X M, Han X R, Yang J F, et al. Status of soil organic matter and available phosphorus of maize cropping land and the relationship between the two nutrients and yield levels of maize in Shenyang city [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2007(3): 29-31. (in Chinese)

(上接第 174 页)

[14] 祈有玲, 张富仓, 李开峰. 水分亏缺和施氮对冬小麦生长及氮素吸收的影响 [J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2399-2405.

Qi Y L, Zhang F C, Li K F. Effects of water deficit and nitrogen fertilization on winter wheat growth and nitrogen up-take [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(10): 2399-2405. (in Chinese)

[15] Turner N C. Plant water relations and irrigation management [J]. Agricultural Water Management, 1990, 17: 59-73.

[16] 山 仑, 徐 萌. 节水农业及其生理生态基础 [J]. 应用生态学报, 1991, 2(1): 70-76.

Shan L, Xu M. Water-saving agriculture and its physio-ecological base [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1991, 2(1): 70-76. (in Chinese)

[17] Chalmers D J, Burge P H, Mitchell P D. The mechanism of regulation of 'Bartlett' pear fruit and vegetative growth by irrigation withholding and regulated deficit irrigation [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1986, 11(6): 944-947.

[18] 刘晓宏, 肖洪浪, 赵良菊. 不同水肥条件下春小麦耗水量和水分利用率 [J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(1): 56-59.

Liu X H, Xiao H L, Zhao L J. Effects of water and nitrogen condition on water consumption and water use efficiency of spring wheat [J]. Agriculture Research in the Arid Areas, 2006, 24(1): 56-59. (in Chinese)