

府谷县耕地糜子种植适宜性研究

张 昶,常庆瑞,赵业婷,孙梨萍

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为了更合理地开发和利用当地有限的耕地资源, 维护和提高耕地生产力, 采用府谷县 2011 年“测土配方施肥”项目数据, 基于 GIS 技术平台, 综合利用地统计学、特尔斐法、综合评价法等方法, 结合“3414”田间肥效试验结果, 建立府谷县糜子种植适宜性评价体系。结果表明: 对糜子种植而言, 府谷县土壤有机质含量偏低 ($< 10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 碱解氮含量中等 ($25 \sim 40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 有效磷含量偏低 ($5 \sim 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 速效钾含量中等 ($70 \sim 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。研究区耕地糜子种植适宜性水平分异大, 高度适宜的耕地面积占总耕地面积的 11.20%, 适宜占 28.99%, 二者多沿河流阶地分布; 勉强适宜占 54.62%, 遍布黄土丘陵区; 不适宜占 5.19%, 呈点缀状分布于中部黄土丘陵区。增施碱解氮和有效磷, 提高土壤有机质含量, 保持土壤速效钾含量, 同时注意改善土壤结构, 提高土壤抗旱保肥和供肥能力, 进一步提高糜子种植适宜性水平。

关键词: 糜子; 土壤养分; 耕地; 适宜性评价

中图分类号: S516 **文献标志码:** A

Suitability analysis of farmland for corn millet growing in Fugu County

ZHANG Yi, CHANG Qing-rui, ZHAO Ye-ting, SUN Li-ping

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

Abstract: In order to develop and utilize the scarce land resources more rationally, while maintain and improve the productivity of cultivated land, this paper uses Fugu County data from “Measured Soil Fertilizer” project in 2011 and the “3414” field fertilizer experiment, in combination with GIS technology platform and comprehensive utilization of geostatistics, Delphi method, comprehensive evaluation method, to evaluate the suitability of corn cultivation in Fugu County. For millet planting, soils of Fugu County contains low level of total organic matter ($< 10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) and available phosphorus ($5 \sim 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), medium level of alkali-hydrolysable nitrogen ($25 \sim 40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) and available K ($70 \sim 100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). The suitability of corn growing varies with location, with river terrace being highly suitable (accounting for 11.20% of the total arable land area) or suitable (28.99%) whereas hill areas being marginally suitable (54.62%) and not suitable (5.19%). It should be reasonably increase the content of alkali-hydrolysable nitrogen, available phosphorus and soil organic matter, maintain the content of soil available potassium. Meanwhile, attention should be paid to improve soil texture, increase the ability of soil drought resistance, and fertilizer conservation, thus enhancing the suitability of corn millet.

Keywords: corn millet; soil nutrient; cultivated land; suitability evaluation

糜子是起源于中国的古老农作物,几乎与小麦同时栽培,由于具有早熟性、抗旱性和抗热性,同时病虫害较少,广泛种植于中国西北、华北等地区^[1]。中国糜子面积年度之间变化很大,灾年高于丰年,特别是干旱年份,在其他作物无法入种的情况下,只有大量种植糜子^[2]。然而一直以来,中国糜子的现状是产量低,生产水平低,质量不高^[3]。由于糜子是 C4 植物,具有很强的增产潜力^[4],其生长过程中对土壤氮磷钾需求量大,要获得高产优质的糜子,必须充分满足其养分需求^[5]。目前国内有关糜子的研究多基于田间肥效试验,如王宇先^[6]、张美俊^[7]、段建南等^[8]通过田间试验,建立了糜子施肥数学模型,从

收稿日期: 2014-02-05
基金项目: 国家“863”高新技术研究与发展计划项目(2013AA102401); 国家科技支撑计划项目(2012BAH29B04-00)
作者简介: 张 昶(1988—),女,甘肃兰州人,硕士,研究方向为土地资源与空间信息技术。E-mail: zhangyi19881111@163.com。
通信作者: 常庆瑞(1959—),男,陕西子洲人,教授,博士生导师,主要从事土地资源与空间信息技术研究。E-mail: changqr@nwsuaf.edu.cn。

而探讨了糜子氮磷钾肥的施用效应,但由于耕地状况和农业措施不同,糜子适宜性程度也表现出较大差异,然而目前有关糜子种植适宜性评价研究却少见报道。糜子是府谷县传统栽培作物之一,常年播种面积 9 333.33 hm²,占全县粮播面积的 24%,年总产 1.8 万 t,占全县粮食总产量的 28%。为了更合理地开发和利用当地有限的耕地资源,维护和提高耕地生产力,本文基于府谷县“测土配方施肥”项目的调查分析结果,采用“3414”^[9]肥料效应田间方案,将系统方法、定性与定量的方法、线性与非线性方法结合起来,应用地统计学、特尔斐法和综合评价法等技术方法^[10-12]分析耕地土壤养分丰缺状况和糜子种植适宜性状况,以进一步提高土壤抗旱保肥和供肥能力,从而提高糜子种植适宜性水平。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

府谷县位于陕西省最北端,地处东经 110°22′34″~111°14′31″、北纬 38°42′29″~39°35′07″,东西长约 74.7 km,南北长约 98 km。全县总面积 3 207.67 km²,土地垦殖率 24.51%,现辖 15 个镇、3 个办事处、2 个农业园区。农业人口 17.53 万人,占总人口的 72.5%。地形地貌较为复杂,总的地势是西北高、东南低,海拔介于 780~1 426.5 m;处于祁(连)

吕(梁)贺(兰)山字型构造马蹄型盾地的东翼与新华夏系第三沉降带的复合部位,位于陕北黄土高原东北部与毛乌素沙漠接壤地带,地貌类型分为:西部风沙区、中部黄土丘陵区以及河流阶地。气候属于温带半干旱大陆性季风气候,具有干、湿、寒、热四季分明的气候特征。境内有四条大川(黄甫川、清水川、孤山川、石马川),黄河纵穿研究区东南角。耕地土壤类型可分为风沙土、栗钙土、粗骨土、黄绵土、石质土、新积土、黑垆土、红土 8 个土类,其中以黄绵土为主,占研究区土壤总面积的 62.08%。

1.2 数据资料

采用 2010—2011 年陕西省“测土配方施肥”项目所获得的耕地调查点资料(包括采样点坐标、基本耕种情况、土壤农化分析数据)、县乡村基本情况以及相关文本资料和数据资料。空间数据包括土地利用现状图、地形图、行政边界图以及 1:5 万土壤图等。

1.3 土壤养分丰缺指标

根据农业部统一的测土配方施肥技术规范^[13],通过对 2010—2011 年度糜子田间肥效实验资料和采集的田间土壤农化样品测试结果的分析与整理,制定出府谷县糜子土壤养分丰缺指标(表 1),土壤样品测定项目包括有机质、碱解氮、有效磷、速效钾 4 项,具体项目测定方法见《土壤农化分析》^[14]。

表 1 土壤养分丰缺指标
Table 1 Soil nutrient abundance and deficiency index

级别 Level	有机质 OM/(g·kg ⁻¹)	碱解氮 AN/(mg·kg ⁻¹)	有效磷 AP/(mg·kg ⁻¹)	速效钾 AK/(mg·kg ⁻¹)
极丰富 Very high	> 15	> 50	> 20	> 140
丰富 High	12~15	40~50	15~20	100~140
中等 Moderate	10~12	25~40	10~15	70~100
缺乏 Low	5~10	15~25	5~10	40~70
极缺乏 Very low	< 5	< 15	< 5	< 40

1.4 评价流程

府谷县糜子种植适宜性评价程序如图 1 所示。

1.4.1 评价单元的确定 采用土壤图、土地利用现状图、行政区划图叠加形成的图斑作为评价单元,其中土壤图划分到土种,土地利用现状图划分到二级利用类型,行政区划图划分到村。同一评价单元中土种类型、利用类型及行政归属一致,不同评价单元之内既有差异性,又有可比性。

1.4.2 评价指标及其权重的确定 在选择评价指标时,综合考虑府谷县土地资源的特点,结合该地实际情况,依据针对性、主导性、稳定性、可操作性的选取原则,运用专家经验法,最终选取 4 个层面共计

10 项评价指标,即土壤肥力(有机质、碱解氮、有效磷、速效钾)、地形地貌(坡度、地貌类型)、土壤性质(土壤质地、土壤结构)和土壤管理措施(农田基础设施、灌溉能力)。

各指标的权重采用层次分析法和模糊评价法确定。数值型评价指标权重赋值采用隶属函数模型^[12],其中 4 项土壤养分因子采用戒上型函数,坡度采用负直线型函数,具体隶属函数如表 2 所示。概念型指标(土壤质地、土壤结构、地貌类型等),与耕地生产能力之间是一种非线性的关系,采用特尔斐法^[12]直接给出隶属度,如表 3 所示。

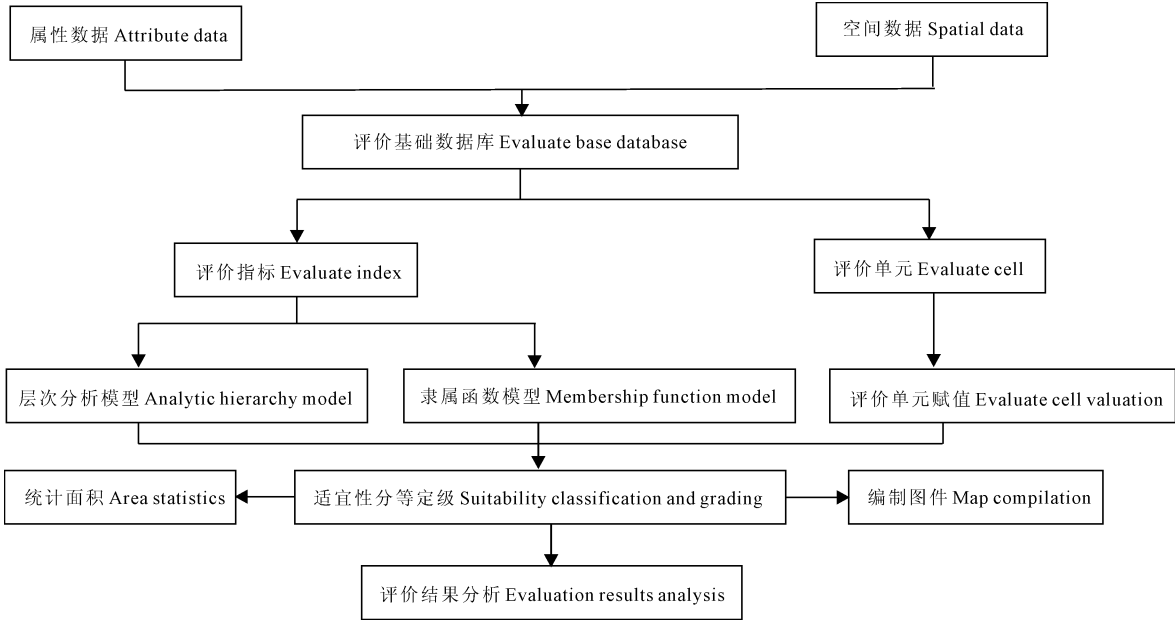


图 1 耕地糜子种植适宜性评价流程

Fig.1 Flow chart of evaluation of suitability of farmland for corn millet cultivation

表 2 数值型评价指标隶属函数

Table 2 Numerical evaluation index membership function

评价指标 Evaluating indicator	函数类型 Function type	隶属函数 Membership function	<i>C</i>	<i>U</i> 1	<i>U</i> 2
坡度 Slope	负直线型 Negative linear	$Y = 0.9706 - 0.024u$	—	- 1.23881	40.857587
有机质 OM	戒上型 Ring type	$Y = 1/[1 + 0.0123(u - c)^2]$	18.163591	0	18.163591
碱解氮 AN	戒上型 Ring type	$Y = 1/[1 + 0.002(u - c)^2]$	57.142415	0	57.142415
有效磷 AP	戒上型 Ring type	$Y = 1/[1 + 0.006(u - c)^2]$	23.493100	0	23.493100
速效钾 AK	戒上型 Ring type	$Y = 1/[1 + 0.002(u - c)^2]$	181.056683	0	181.056683

注: *U*1、*U*2 是样品观测值, *C* 是标准指标, 如果样品观测值 *U*1 小于等于指标下限值, 则 *U*1 = 0; 如果样品观测值 *U*2 大于等于标准指标 *C*, 则 *U*2 = *C*。

Note: *U*1, *U*2 is sample observation value, *C* is the standard indicator, if the sample observations index *U*1 is less than or equal to the limit of index, *U*1 = 0; If the sample observations index *U*2 is more than or equal to standard indicator *C*, *U*2 = *C*.

表 3 概念型评价指标隶属度

Table 3 The concept of evaluation index membership function

评价因素 Evaluation factor	项目 Project	评价指数描述及隶属度 The description of index and assessed value					
土壤质地 Soil texture	指标 Index	轻壤 Light loam	粘壤 Clay loam	中壤 Middle loam	砂壤 Sandy loam	砂粒 Sand grains	中偏轻 Middle to light
	评估值 Assessed value	0.75	0.5	1	0.5	0.2	0.9
地貌类型 Geomorphic type	指标 Index	黄土丘陵 Loess hills	河流阶地 River terrace	风沙区 Windy-sandy region			
	评估值 Assessed value	0.6	1	0.7			
灌溉能力 Irrigation capacity	指标 Index	保灌 Full irrigation	能灌 Irrigation	无灌 No irrigation			
	评估值 Assessed value	1	0.8	0.3			
农田基础设施 Farmland infrastructure	指标 Index	配套 Match	基本配套 Basic match	不配套 Not match	完全配套 Complete match		
	评估值 Assessed value	0.8	0.6	0.3	1		
土壤结构 Soil structure	指标 Index	块状 Bulk	团状 Group	无结构 Structurelessness	棱柱状 Prismatic	粒状 Granularity	
	评估值 Assessed value	0.7	0.9	0.2	0.5	0.4	

1.4.3 综合评价方法 利用加法模型计算耕地适宜性综合指数(ISI),公式如下:

$$ISI = \sum F_i \times C_i \quad (i = 1,2,3,\cdots,n)$$

式中,ISI(Integrated Suitability Index)为耕地适宜性指数; F_i 为第*i*个因素的评价评语; C_i 为第*i*个因素的组合权重。

2 结果与分析

2.1 土壤养分肥力特征

2.1.1 基本统计特征 糜子生长过程中,对氮磷钾有一定的需求,所以要获得高产优质的糜子,必须充分满足其对这些养分的吸收^[5]。府谷县耕地土壤养分基本统计特征如表 4 所示,府谷县耕地土壤有机

质平均 8.96 g·kg⁻¹,碱解氮 38.62 mg·kg⁻¹,有效磷 6.71 mg·kg⁻¹,速效钾 109.74 mg·kg⁻¹,除速效钾外,均处极低水平,位于陕西省土壤养分分级标准的第 7、6、6 级^[15]。研究区土壤养分均属中等变异强度^[16],其中有效磷的变异强度最大,为 51.83%,分析认为与该地区地貌特征、土壤母质以及磷在土壤中的化学行为和施肥状况有关,因为施入土壤中的磷移动较小,当季使用率低等原因使土壤中磷残留较多,而使土壤里的磷分布不均。土壤养分含量的最小值和最大值差异明显,表明府谷县土壤养分含量存在本底差异,盲目地平均施肥会造成低养分不足和高养分过剩,导致资源的浪费,需分区差异化管理与施肥^[17-20]。

表 4 府谷县耕地养分含量情况
Table 4 The nutrient content of cultivated land in Fugu County

土壤属性 Soil properties	平均值 Mean	最大值 Max.	最小值 Min.	标准差 Std.	偏度 Skew.	峰度 Sku.	变异系数 CV/%
有机质 OM/(g·kg ⁻¹)	8.96	31.10	1.80	2.88	0.02*	3.07*	32.17
碱解氮 AN/(mg·kg ⁻¹)	38.62	92.20	1.50	14.20	0.87	3.87	36.77
有效磷 AP/(mg·kg ⁻¹)	6.71	58.00	0.10	3.48	0.69*	3.11	51.83
速效钾 AK/(mg·kg ⁻¹)	109.74	397.00	7.00	50.89	0.35*	3.01*	46.37

注: * 表示经变换后符合正态分布的统计值。
Note: * shows the statistics after conversion in accordance with normal distribution.

2.1.2 空间丰缺格局 采用普通克里格插值法^[21],结合土壤养分丰缺指标(表 1),绘制研究区糜子种植的土壤养分丰缺分布图,如图 2 所示。研究区有机质含量基本集中在 <10 g·kg⁻¹,处于缺乏水平,占耕地面积的 75.61%,呈片状分布于各镇;10~12 g·kg⁻¹的中等区占耕地面积的 21.04%,呈斑块状分布于县西北部的大昌汗镇、庙沟门镇,东北部的古城镇以及中部的清水镇和新民镇;>12 g·kg⁻¹的丰富区,呈星点状镶嵌分布于大昌汗镇、庙沟门镇、新民镇和清水镇。

研究区碱解氮含量集中在 25~40 mg·kg⁻¹,处于中等水平,广泛分布于除大昌汗镇以外的各镇,占耕地面积的 68.62%;>40 mg·kg⁻¹的丰富区,呈块状分布于县西北部的各镇、东北部的古城镇和东部的黄甫镇、清水镇;<25 mg·kg⁻¹的缺乏区,点状镶嵌分布于府谷镇。

研究区有效磷含量主要集中在 5~10 mg·kg⁻¹之间,占耕地面积的 80.89%,处于缺乏水平,呈片状分布于除大昌汗镇以外的各镇;<5 mg·kg⁻¹的极缺区,占耕地面积的 16.95%,呈块状分布于田家寨镇、府谷镇北部和庙沟门镇;>10 mg·kg⁻¹的中等区,呈块状分布于大昌汗镇。

研究区速效钾含量基本集中在 70~100 mg·kg⁻¹,占耕地面积的 42.07%,处于中等水平,呈块状分布于北部的哈镇、中部的各镇、南部的武家庄镇和老高川镇中部;>100 mg·kg⁻¹的丰富区占耕地面积的 56.93%,呈团块状分布于西北部的大昌汗镇、庙沟门镇和三道沟镇,东北部的古城镇以及东部各镇;<70 mg·kg⁻¹的缺乏区,呈两大斑块状,分别分布于老高川镇中部和哈镇南部。

2.2 适宜性评价与分析

本文选取了 100 个单种糜子的代表性地块,将各地块糜子常年产量水平和适宜性综合指数进行线性相关性统计,二者呈极显著正相关关系($R = 0.625^{**}$, $P < 0.01$),表明本研究适宜性评价结果较合理,与实际生产水平基本一致。

耕地适宜性综合指数 ISI 得分介于 0.34~0.88,采用拐点法兼顾等差距法^[22],将糜子种植耕地划分为 4 区:高度适宜区(>0.65)、适宜区(0.575~0.65)、勉强适宜区(0.5~0.575)和不适宜区(<0.5)。以 2010 年府谷县耕地分布图为本底,将其耕地糜子种植适宜性图与地貌分区图、行政区划图进行叠置操作,绘制出府谷县耕地糜子种植适宜性结果图(图 3a),并统计和分析不同行政单位上耕地糜子种植适宜性差异^[23]。

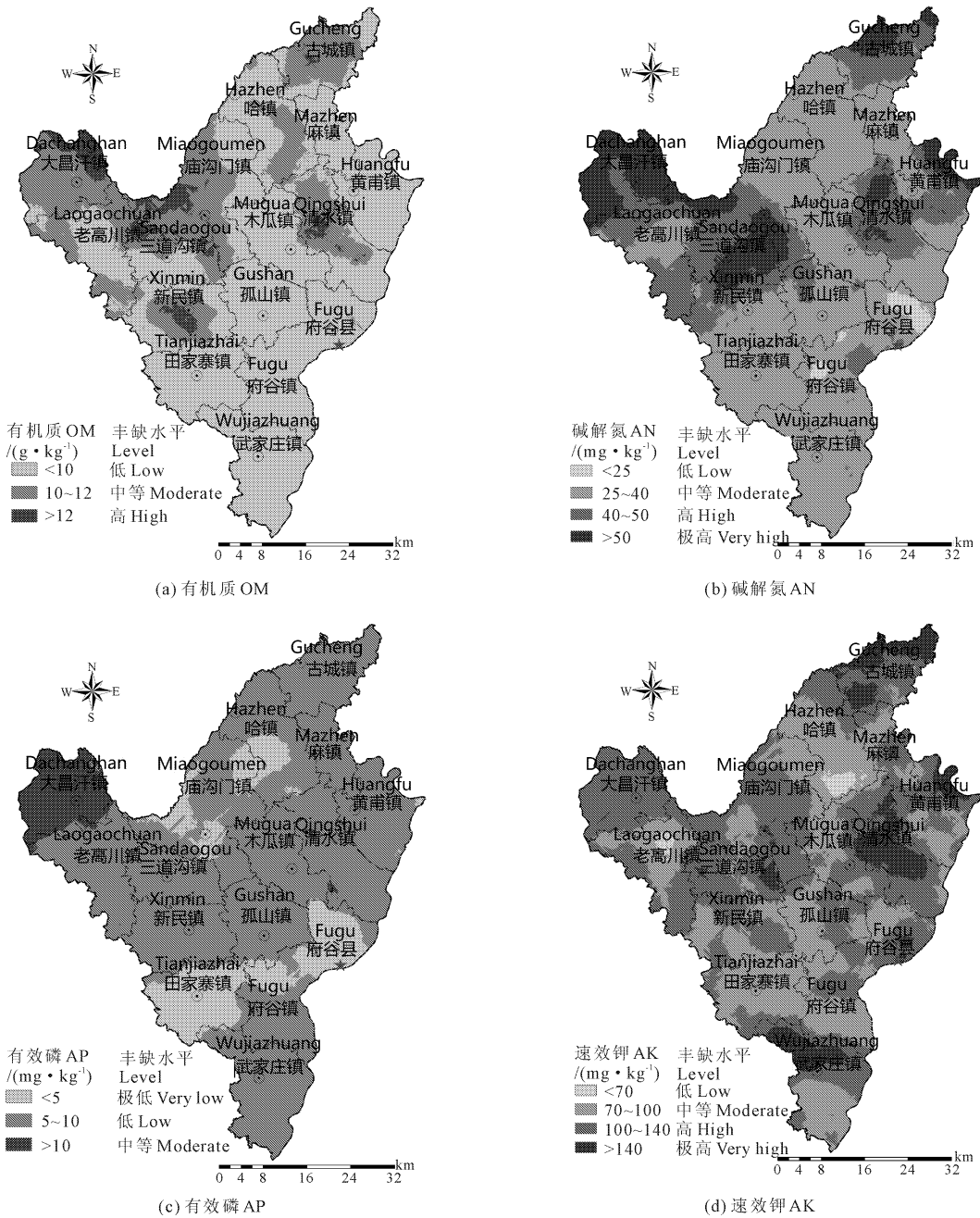


图 2 府谷县耕层土壤养分丰缺分布

Fig.2 Soil nutrient distribution map of Fugu County

2.2.2.1 空间地理分布 高度适宜糜子种植的耕地沿河流阶地两旁呈带状分布,占耕地面积的 11.20%,该区地势平坦,海拔较低,水利设施齐备,灌溉排涝能力较强,土壤有机质、碱解氮、速效钾含量水平较高,有效磷呈中等水平;适宜种植的耕地,呈延伸状包围高度适宜耕地向东西方向扩展至黄土丘陵区,占耕地面积的 28.99%,此类耕地基础设施不很完备,灌溉排涝能力较差,有机质、有效磷呈缺乏水平,碱解氮呈中等水平,速效钾含量水平较高,土壤养分结构不良;研究区大部分耕地属勉强适宜

水平,主要分布于中部及南部的黄土丘陵区,占耕地面积的 54.62%,此类耕地灌溉设施缺乏,有机质、有效磷呈缺乏水平,碱解氮和速效钾呈中等水平,地势起伏大,水土流失是制约其生产力不可忽视的重要因素之一;不适宜糜子种植的耕地主要分布于中部黄土丘陵区,呈零星点缀状分布,面积较少,仅占耕地面积的 5.19%,此类耕地地势起伏大,无灌溉条件,有机质、碱解氮、有效磷均呈缺乏水平,只有速效钾呈中等水平,改良此类耕地难度较大。总体来说,府谷县糜子种植适宜性水平偏低。

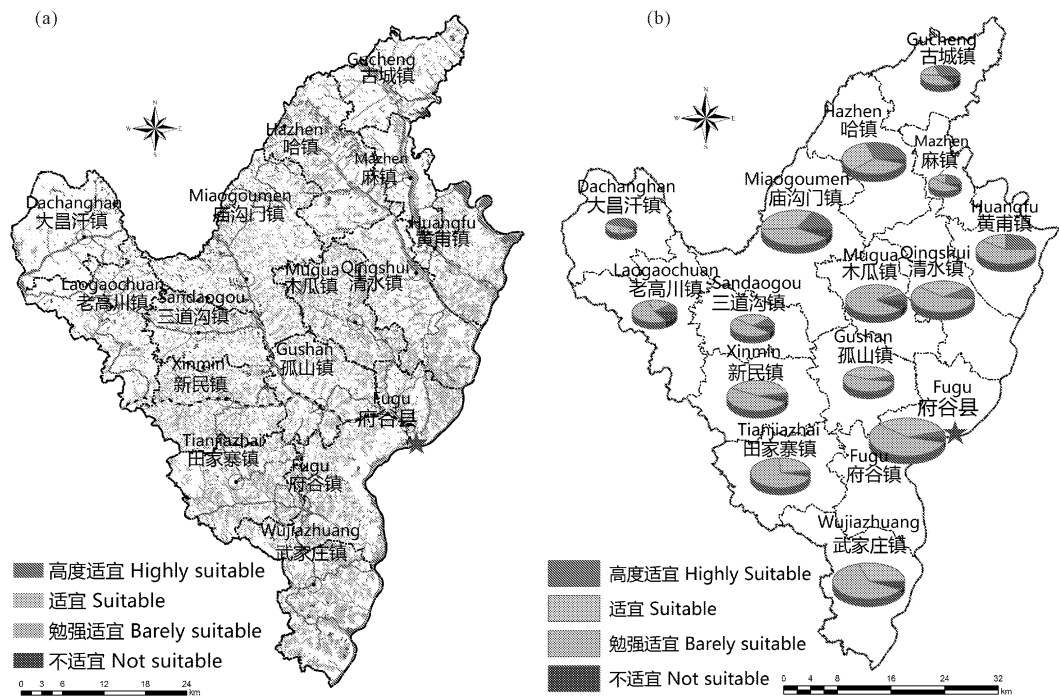


图 3 府谷县耕地糜子种植适宜性评价图(a)及各乡镇耕地糜子种植适宜性分布图(b)

Fig.3 The map of suitability of farmland for corn cultivation in Fugu County (a) and distribution map at the township level (b)

2.2.2 各乡镇适宜性分析 如图 3b 所示,各乡镇除大昌汗镇外,勉强适宜的耕地分布最广,多集中在府谷镇、黄甫镇、麻镇、新民镇、孤山镇、清水镇、老高川镇、田家寨镇、木瓜镇、武家庄镇,占总耕地面积的 50% 以上,其中木瓜镇和田家寨镇勉强适宜种植的耕地面积占到总耕地面积的 81.62% 和 71.37%,其有机质、有效磷呈缺乏水平,碱解氮、速效钾呈中等水平;东北部哈镇,古城镇、麻镇和西北部老高川镇、三道沟镇、庙沟门镇的适宜类型较为均衡,应施行分区化管理,以更好地发挥耕地价值;分布在西北部的大昌汗镇,土壤养分丰缺水平较高,糜子种植耕地中高度适宜的耕地分布最广,面积比例为 45.52%;其次是适宜的耕地,面积比例为 27.32%,不适宜耕地仅占全镇耕地面积的 6.27%,表明大昌汗镇的耕地适宜性水平较高,适合大面积规模化种植糜子类作物。

3 结论与建议

1) 本研究结果表明:① 府谷县耕地土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾 4 项土壤养分均属中等变异强度,其中有效磷的变异强度最大;土壤养分含量最小值和最大值差异明显,存在本底差异,需分区差异化管理与施肥。② 府谷县土壤总体有机质和有效磷含量偏低,碱解氮与速效钾含量中等,应合理增施碱解氮和有效磷,增加土壤有机质含量,保持土

壤速效钾含量,注意改善土壤结构,提高土壤抗旱保肥和供肥能力。③ 通过对糜子种植适宜性分析可知,研究区耕地糜子种植适宜性水平分异大,高度适宜和适宜水平的耕地多沿河流阶地分布,其中分布在西北部的大昌汗镇适宜性水平较高,适宜类型较为均衡,应分区管理;研究区勉强适宜的耕地面积最多,广泛分布于黄土丘陵区各乡镇;不适宜的耕地呈点缀状分布于中部黄土丘陵区。

2) 针对研究区耕地的实际情况,通过以上分析,建议:对于高度适宜的耕地,应切实加强保护,合理调整化肥使用量和投入比,防止土壤退化;对于适宜的耕地,应改善土壤结构,加大农田基础设施建设,改善灌溉条件;对于勉强适宜的耕地来讲,需要克服土地限制因素,提高土壤保墒能力,减少水土流失;对于不适宜的耕地,应实施退耕还林还草,以防止水土流失,还可考虑种植适宜的药材、大枣等经济作物。

参考文献:

[1] 黄先伟.糜子[J].生物学通报,1955,(11):33-35.
[2] 柴 岩.糜子(黄米)的营养和生产概况[J].粮食加工,2009,34(4):90-91.
[3] 魏仰浩.中国黍稷品种资源及生态型研究[C]//魏仰浩.中国黍稷论文选.北京:农业出版社,1990.
[4] 张锡梅.糜子需水规律及抗旱特性研究[C]//魏仰浩.中国黍稷论文选.北京:农业出版社,1990.

[5] 宋占平.糜子苗期抗旱性研究[J].黍类作物,1997,(1):22-25.

[6] 王宇先,李清泉,刘玉涛,等.半干旱区氮磷钾肥对糜子产量的影响[J].安徽农业科学,2013,41(10):4334-4335.

[7] 张美俊,乔治军,杨武德,等.糜子氮、磷、钾肥的效应及优化研究[J].植物营养与肥料科学,2013,19(2):347-353.

[8] 段建南,王改兰,李栓怀,等.糜子施肥数学模型研究[J].山西大学学报(自然科学版),1990,S(1):78-83.

[9] 府谷县土壤肥料工作站.陕西省府谷县农业资源调查和农业区划报告集[R].府谷:府谷县土壤肥料工作站,1986.

[10] 宋丰骥,常庆瑞,钟德燕.黄土高原沟壑区土壤养分空间变异及其与地形因子的相关性[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(12):166-172.

[11] 戴相林,刘 瑞,周建斌,等.秦岭北麓地区农田土壤养分平衡状况演变分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(3):191-199.

[12] 马廷刚,常庆瑞,赵业婷,等.陕西省武功县耕地地力评价研究[J].水土保持通报,2011,31(2):186-189.

[13] 农业部农民科技教育培训中心.测土配方施肥技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2010.

[14] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第三版.北京:中国农业出版社,2008.

[15] 全国土壤普查办公室.中国土壤普查技术[M].北京:农业出版社,1990.

[16] 王政权.地统计学及在生态学中的应用[M].北京:科学出版社,1999.

[17] 赵业婷,李志鹏,常庆瑞,等.关中盆地县域农田土壤碱解氮空间分异及变化研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,28(6):1030-1038.

[18] 孔祥斌,张凤荣,王 茹,等.近 20 年城乡交错带土壤养分时间空间变异特征分析:以北京市大兴区为例[J].土壤,2004,36(6):636-643.

[19] 庞 凤,李廷轩,王永东,等.土壤速效氮、磷、钾含量空间变异特征及其影响因子[J].植物营养与肥料学报,2009,15(1):114-120.

[20] 邹 青,赵业婷,常庆瑞,等.黄土高原南部耕地土壤养分空间格局分析——以陕西省富县为例[J].干旱地区农业研究,2012,30(5):107-113.

[21] 汤国安,杨 昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M].北京:科学出版社,2006:363-421.

[22] 杨奇勇,杨劲松,姚荣江,等.基于 GIS 和改进灰色关联模型的土壤肥力评价[J].农业工程学报,2010,26(4):100-105.

[23] 李志鹏,常庆瑞,赵业婷,等.关中盆地县域农田土壤肥力特征与评价研究[J].土壤通报,2013,44(4):814-819.

(上接第 118 页)

从图 5 中可以看出,春季中西部的作物需水量为全区最大,远高于晋东北和晋东南地区,中西部是以黄土丘陵为主的广大山区、丘陵区,水和热量资源较差、水土流失严重,春季大部分地区处于背风坡,降水少,导致该区域的作物需水量在春季高于晋东北和晋东南地区。

由于图像分辨率的限制,本研究只是粗浅地将山西分为晋东南、中西部、晋东北 3 个区进行作需水量研究,得到的只是区域作物需水量平均值,或者也可以说是各区主导农作物需水量,不涉及某种具体的作物类型,所以这方面的研究在今后还需要针对各不同作物类型进行更深入研究,便于更好地对农业进行因地制宜的指导。

参 考 文 献:

[1] 张 丽,董增川,赵 斌.干旱区天然植被生态需水量计算方法[J].水科学进展,2003,14(6):745-748.

[2] 丰华丽,王 超,李剑超.干旱区流域生态需水量估算原则分析[J].环境科学与技术,2002,25(1):31-33.

[3] 李 想.基于 SEBS 模型的感热计算及其在干旱监测中的应用[D].南京:南京信息工程大学,2012.

[4] Saxton K E. Sensitivity analysis of the combination evapotranspiration equation[J]. Agricultural and Meteorology, 1975,15(3):343-353.

[5] 武永利,张洪涛,田国珍,等.复杂地形下山西高原太阳潜在总辐射时空分布特征[J].气象,2009,35(5):74-82.

[6] Su Z. The surface energy balance system (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2002,6(1):85-99.

[7] 王振华,韩 普.山西省降水异常气候特征[J].科技情报开发与经济,2008,18(25):8-9.

[8] 谢爱红,王士猛,卫 华,等.利用 SPSS 进行山西省气候区划[J].山西师范大学学报(自然科学版),2004,18(3):108-110.

[9] 王远明,张 彼,李成荣.宜昌站水面蒸发折算系数分析[J].人民长江,1999,30(1):41-45.

[10] 张 东,张万昌,徐全芝.汉江上游流域蒸散量计算方法的比较和改进[J].资源科学,2005,27(1):97-103.

[11] 王 梅,王建波,那景坤.E-601 型蒸发器水面蒸发实验分析[J].黑龙江水专学报,2004,31(3):1-12.