

基于 ArcGIS 的商洛市耕地植烟适宜性评价

虞亚楠¹, 刘效栋¹, 刘梦云^{1*}, 张永锋², 黄金辉², 翟丙年¹, 吴健利¹
(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省烟草公司商洛市公司, 陕西 商洛 726000)

摘要: 针对陕西省商洛市的 6 个主要烟草产区, 以其土壤图、土地利用现状图和行政区划图叠加分析形成的图斑为评价单元, 选取立地条件、土壤性质、土壤养分及 pH 值、土壤管理 4 个方面共 13 个指标构建了商洛市耕地植烟适宜性评价指标体系, 采用层次分析法和模糊数学原理开展耕地植烟适宜性的定量评价和分级, 以期为优化烟草布局和种植区域划分提供理论参考。结果表明, 高度适宜烟草种植区占植烟耕地面积的 32.61%, 主要分布在石门基地单元南部、灵口基地单元中西部、永丰基地单元西部及中东部等地区; 适宜烟草种植区是研究区的主体, 占 55.00%, 云镇基地单元分布最多、所占比例最大, 米粮基地单元的中部、北部及永丰基地单元东部分布范围也较大; 勉强适宜烟草种植区占 11.09%, 主要分布在景村镇中部和南部、石门镇北部和中部、腰市镇中部等地区; 不适宜烟草种植区仅占 1.30%, 主要分布在景村镇北部和腰市镇北部。

关键词: 烟草; 土壤条件; 层次分析法; 适宜性评价; 商洛市
中图分类号: S572; TP79; P208 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2016)06-0056-06

Evaluation on Farmland Suitability for Planting Tobacco in Shangluo Based on ArcGIS

YU Ya'nan¹, LIU Xiaodong¹, LIU Mengyun^{1*}, ZHANG Yongfeng², HUANG Jinhui², ZHAI Bingnian¹, WU Jianli¹
(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling 712100, China;
2. Shangluo Branch Company of Shaanxi Tobacco Company, Shangluo 726000, China)

Abstract: Six main tobacco planting regions of Shangluo in Shannxi were taken as the research objects. The Shangluo soil map, present landuse map and administrative division map were overlayed to confirm the evaluation unit. The evaluation index system of farmland suitability for planting tobacco in Shangluo was established with 13 evaluation indexes from four respects of topographic, soil properties, soil nutrients and pH value, soil management. The AHP (analytic hierarchy process) method and fuzzy mathematics theory were taken to evaluate and grade the farmland suitability for planting tobacco. This study could provide theoretical reference of optimizing the layout and planting area division of tobacco. The results showed that the high suitability grade farmland accounted for 32.61%, which mainly distributed in the south of Shimen base unit, the mid west of Lingkou base unit, the west and Mideast of Yongfeng base unit. The sui-table area was the subject of study area with the proportion of 55.00%, which mainly distributed in Yun town base unit, followed by the middle and north of Miliang base unit. The barely suitable area accounted for 11.09%, which mainly distributed in the middle and south of Jingcun town, the north and middle of Shimen town, and the middle of Yaoshi town. The unsuitable area just accounted for 1.30%, which distributed in northern Jingcun town and northern Yaoshi town.

收稿日期: 2015-12-30
基金项目: 商洛市烟草公司自研项目 (KJ-2013-03)
作者简介: 虞亚楠 (1990-), 女, 河南洛阳人, 在读硕士研究生, 研究方向: 资源环境监测与评价。
E-mail: 18829781611@163.com
* 通讯作者: 刘梦云 (1973-), 女, 陕西蒲城人, 副教授, 博士, 主要从事土地生态恢复方面研究。
E-mail: lmy471993@163.com

Key words: tobacco; soil conditions; AHP(analytic hierarchy process)method; suitability evaluation; Shangluo

烟草是重要的经济作物之一,其产量和质量直接受土地条件的影响。土地是烟草生长的基础,对植烟土壤适宜性进行定性、定量、定位评价,对更合理地开发利用当地烟田资源、提高烟田生产力具有重要意义,也有利于优化烟草布局和种植区域划分,为开辟更多优质烟产区提供理论基础。目前,世界上的优质烟种植区主要有美国东部海岸平原、巴西南部各省、津巴布韦高原等地区^[1],我国也已经进行了 3 次全国范围内的烟草种植区划^[2]。最近几年,许多学者依据不同的技术和方法对不同地区的烟草种植适宜性进行了单因素或多因素的评价及区划研究^[3-7],这些研究成果对调整和指导我国烟叶生产布局发挥了重要作用。但对于陕西省等较小植烟区域的烟草种植适宜性研究很少,商洛市是陕西省重要烟草产区,有必要对其进行植烟土壤适宜性评价分析。植烟土壤适宜性评价是基于烟草生产区域内的土壤肥力状况对其植烟适宜性程度进行的综合性评价^[8]。本研究对商洛市下辖的商州区、洛南县、镇安县、柞水县的 6 个主要植烟区的植烟土壤适宜性进行定量评价和分级,以期为全面衡量烟田土壤条件和特性,实现商洛市烟草生产的可持续发展提供参考。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

商洛市位于陕西省的东南部(108°34'20"~111°1'25"E、33°25'40"~34°25'40"N),秦岭东段南麓,与豫、鄂两省接壤。西邻古都西安,东瞰南阳盆地,北接八百里秦川,南带江汉平原,总面积 19 293 km²。辖区地形地貌复杂,群山绵延起伏,岭谷相间排列,地势西北高、东南低,呈掌状分布。属东部季风气候区亚热带与暖温带交界地域,过渡性特点明显。全市年均气温为 7.8~13.9℃,年均降水量为 710~930 mm,年均日照时间为 1 860~2 130 h,无霜期为 210 d。商洛市辖商州区和洛南、丹凤、商南、山阳、镇安、柞水六县,196 个乡镇。总人口 240 多万人,其中农业人口 215 万人。烟草是目前商洛市种植最多的经济作物之一,其主产区包括镇安县、柞水县、洛南县和商州区四县(区)中的云镇、米粮、石门、灵口、景村、永丰 6 个基地单元,2012、2013、2014 年商洛烟草主产区的烟叶种植面积分别为 8 333、8 267、7 333 hm²,属陕西第二大烟叶产区。

1.2 数据资料

试验数据主要通过 2013 年的野外采样和室内

试验获得。采集土样时分别记录采样点立地条件(坡度、海拔、地貌类型)、土壤性质(土壤结构、土壤质地、剖面构型)、土壤管理(农田基础设施、灌溉能力)等信息,并将土样带回实验室内拣出土样中的异物,然后将其风干、研磨,测定土壤养分有机质、速效磷、速效钾、速效氮含量及 pH 值。具体的测定方法见《土壤农化分析》^[9]。图件资料包含商洛市的地形图、行政区划图、1:50 000 土壤图、土地利用现状图等。

1.3 研究方法

1.3.1 评价单元的确定 本研究选取通过 ArcGIS 的空间叠置分析方法将 1:50 000 的商洛市土壤图(以土种为基本单位)、土地利用现状图(划分到一级地类)和行政区划图(划分到村)叠加而形成的图斑作为评价单元^[10]。同一评价单元的土种、土地利用方式和行政归属是一致的,不同评价单元间具有空间差异明显、行政隶属关系明确的特点,使评价单元更具差异性和可比性。

1.3.2 评价指标的选择 影响耕地植烟适宜性的因素很多,进行评价时不可能也没有必要考虑所有的影响因子,为了计算的简便和高效,要对评价指标进行必要的筛选。本研究采用特尔菲法进行指标的选择,根据商洛市 6 个烟草主产区耕地的特点,遵循显著性、主导性、实际性、区域差异性和可操作性等原则,采用专家经验法、定性与定量相结合的方法筛选参评因子。最终确定了立地条件、土壤性质、土壤养分及 pH 值、土壤管理 4 类^[11]共 13 个评价指标(表 1)。

表 1 耕地植烟适宜性评价指标及权重

目标层	准则层(权重)	指标层(权重)
耕地植烟适宜性	立地条件(0.454 7)	坡度(0.194 9)
		海拔(0.065 0)
		地貌类型(0.194 9)
	土壤性质(0.263 0)	土壤结构(0.032 3)
		土壤质地(0.084 2)
		剖面构型(0.146 6)
	土壤养分及 pH (0.141 1)	有机质(0.052 9)
		pH(0.026 5)
		速效磷(0.017 6)
		速效钾(0.026 5)
	土壤管理(0.141 1)	速效氮(0.017 6)
		农田基础设施(0.028 2)
		灌溉能力(0.112 8)

1.3.3 评价指标权重的计算 采用层次分析法(AHP)根据各评价指标的贡献大小赋予相应权重。具体计算步骤如下。

(1)建立层次结构^[12]。依据各评价指标间的相互影响,将评价指标分为目标层、准则层和指标层。本研究的目标层为耕地植烟适宜性,准则层为影响烟草生长的4类因素,指标层为1.3.2中确定的13个评价指标(表1)。

(2)构造判断矩阵。约请烟草方面专家对指标层各因素及准则层相应因素的相对重要性进行数量化评估。

(3)层次单排序。依据数量化评估构造判断矩阵,分别计算对上一层次中某个因素而言本层次与之关联的因素的重要性次序权重。

(4)层次总排序。计算同一层次所有评价指标对于总目标的权重值,最终得到的组合权重值即为耕地植烟适宜性评价因子的权重(表1)。

1.3.4 评价因子隶属度的确定 本研究中的评价指标对耕地植烟适宜性的影响程度是一个模糊性概念,依据模糊数学理论对其进行描述。根据指标性质不同可分为数值型和概念型2种。数值型指标的权重由对应的隶属函数模型确定,其中坡度、海拔由负直线型隶属函数求得,pH值及有机质、速效磷、速效钾、速效氮含量根据戒上型隶属函数计算(表2)。而概念型指标如地貌类型、土壤质地、土壤结构、剖面构型、农田基础设施、灌溉能力等,与农田生产能力间是一种非线性关系,可用特尔菲法直接给出隶属度。

表 2 数值型评价指标隶属函数

评价指标	函数类型	隶属函数	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>u</i> 1	<i>u</i> 2
坡度	负直线型	$y = 0.991\ 967 - au$	0.025 265		-0.317 949	39.262 496
海拔	负直线型	$y = 1.155\ 380 - au$	0.000 427		363.887 6	2 705.807 5
有机质	戒上型	$y = 1/[1 + a(u - c)^2]$	0.029 791	14.608 917	-43.33	14.608 917
速效氮	戒上型	$y = 1/[1 + a(u - c)^2]$	0.002 338	45.621 151	-161.2	45.621 151
速效磷	戒上型	$y = 1/[1 + a(u - c)^2]$	0.003 802	32.151 488	-130.03	32.151 488
速效钾	戒上型	$y = 1/[1 + a(u - c)^2]$	0.000 144	224.467 503	-608.87	224.467 503
pH	戒上型	$y = 1/[1 + a(u - c)^2]$	2.255 402	6.510 206	-0.15	6.510 206

1.3.5 耕地植烟适宜性评价方法 基于层次分析法求出各因子指标权重与隶属函数标准化后的指标分值,利用如下公式^[13]即可得到商洛市耕地植烟适宜性的综合评分值(*IFI*)。

$$IFI = \sum_{i=1}^n P_j X_{ij} (i=1、2、3、\cdots n; j = 1、2、3、\cdots、m)$$

式中,*IFI*代表耕地植烟适宜性综合评分值,*n*为评价指标的总数,*P_j*为第*j*个评价指标的权重,*X_{ij}*为评价单元在第*j*个评价指标上的隶属度。

*IFI*的取值范围为0.10~1.00。*IFI*值越大,说明各指标对植烟适宜性的贡献率越高,即该评价单元内耕地越适宜植烟。

1.3.6 耕地植烟适宜性等级划分标准 基于计算所得各个评价单元的*IFI*值,绘制耕地植烟适宜性等级的累积频率图,并考虑其限制性因素,对商洛市耕地植烟适宜性进行等级划分,共划分为高度适宜、适宜、勉强适宜和不适宜4个等级。划分标准见表3。

表 3 耕地植烟适宜性等级划分标准

项目	高度适宜	适宜	勉强适宜	不适宜
<i>IFI</i>	≥0.737 7	0.631 5~0.737 7	0.554 9~0.631 5	<0.554 9

2 结果与分析

2.1 商洛市烟草主产区耕地植烟适宜性总体评价

由表4可以看出,商洛市烟草主产区耕地大多为植烟适宜区和高度适宜区,两者占植烟耕地面积的87.61%。其中,适宜植烟的耕地最多,有4 530.73 hm²,占植烟耕地面积的55.00%;高度适宜植烟的耕地次之,有2 686.66 hm²,占植烟耕地面积的32.61%;勉强适宜植烟的耕地较少,只有913.52 hm²,占植烟耕地面积的11.09%;不适宜植烟的耕地非常少,仅有106.88 hm²,占植烟耕地面积的1.30%。

表 4 商洛市耕地植烟适宜级别面积及百分比

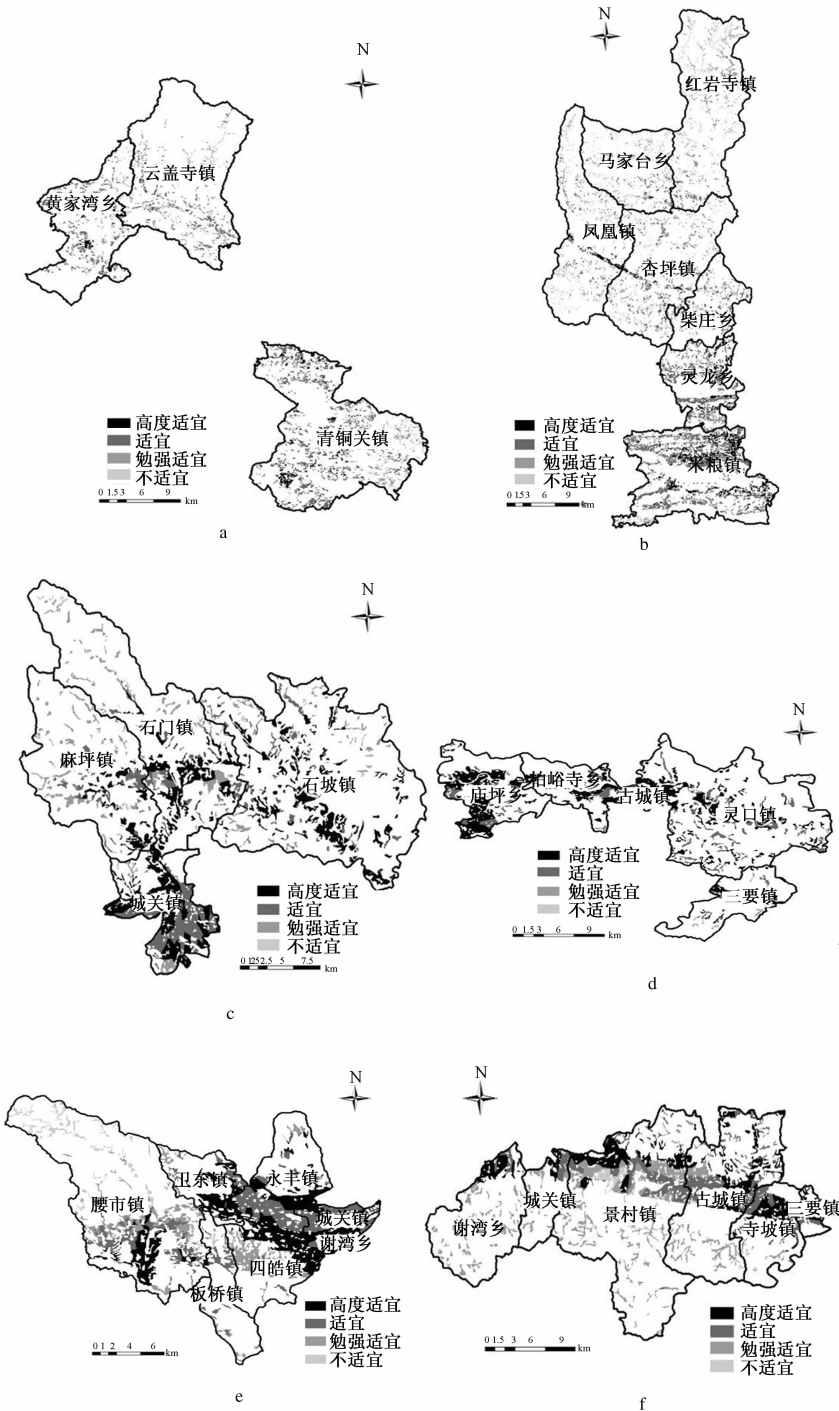
适宜级别	面积/hm ²	所占比例/%
高度适宜	2 686.66	32.61
适宜	4 530.73	55.00
勉强适宜	913.52	11.09
不适宜	106.88	1.30

2.2 商洛市烟草主产区耕地植烟适宜性空间分布

2.2.1 高度适宜区 由图1和表5可以看出,商洛市烟草主产区高度适宜植烟的耕地所占比例较大,主要分布在石门基地单元南部、灵口基地单元中西部、永丰基地单元西部及中东部等地区,其他地区也有零星分布。其中,云镇基地单元高度适宜植烟的

耕地主要分布于青铜关镇, 占植烟耕地面积的 0.43%, 以青铜关镇西部为主; 米粮基地单元高度适宜植烟的耕地主要位于米粮镇, 占植烟耕地面积的 1.71%, 以米粮镇北部为主; 石门基地单元高度适宜植烟的耕地主要位于城关镇和石坡镇, 分别占植烟耕地面积的 3.66%、3.08%, 以城关镇中部、南部和石坡镇南部为主; 灵口基地单元高度适宜植烟的耕地主要位于庙坪乡, 达到植烟耕地面积的 2.49%,

以庙坪乡中部和南部为主; 永丰基地单元高度适宜植烟的耕地主要位于四皓镇、永丰镇, 分别占植烟耕地面积的 1.40%、1.39%, 以四皓镇东北部、永丰镇南部为主, 另外城关镇、卫东镇等也占较大份额; 景村基地单元高度适宜植烟的耕地主要位于古城镇和景村镇, 分别占植烟耕地面积的 1.62%、1.51%, 以古城镇北部和景村镇北部为主。



a. 云镇基地单元评价结果; b. 米粮基地单元评价结果; c. 石门基地单元评价结果; d. 灵口基地单元评价结果; e. 永丰基地单元评价结果; f. 景村基地单元评价结果; 空白处为非研究区

图 1 商洛市烟草主产区耕地植烟适宜性空间分布

表 5 商洛市烟草主产区各乡镇耕地植烟适宜性等级分布情况

基地单元	乡(镇)名称	高度适宜		适宜		勉强适宜		不适宜	
		面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
云镇	云盖寺镇	2.85	0.03	600.58	7.29	18.84	0.23	0.17	0.00
	黄家湾乡	8.45	0.10	599.96	7.28	0.62	0.01	0.00	0.00
	青铜关镇	35.57	0.43	589.37	7.15	0.00	0.00	0.00	0.00
米粮	米粮镇	140.80	1.71	460.41	5.59	10.12	0.12	2.01	0.02
	杏坪镇	50.75	0.62	97.60	1.18	15.68	0.19	0.00	0.00
	灵龙乡	62.62	0.76	52.32	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00
	青铜关镇	14.63	0.18	65.58	0.80	3.68	0.04	0.00	0.00
	柴庄乡	5.41	0.07	275.79	3.35	1.85	0.02	0.00	0.00
	红岩寺镇	1.86	0.02	104.37	1.27	74.57	0.91	0.00	0.00
石门	石门镇	163.87	1.99	133.11	1.62	88.75	1.08	6.73	0.08
	麻坪镇	72.59	0.88	68.37	0.83	73.12	0.89	2.45	0.03
	石坡镇	253.91	3.08	46.23	0.56	50.02	0.61	4.69	0.06
	城关镇	301.86	3.66	35.90	0.44	40.89	0.50	0.00	0.00
灵口	灵口镇	203.53	2.47	52.36	0.64	0.00	0.00	0.89	0.01
	三要镇	64.14	0.78	63.52	0.77	3.21	0.04	0.00	0.00
	庙坪乡	205.48	2.49	67.69	0.82	0.20	0.00	0.00	0.00
	柏峪寺乡	104.01	1.26	348.58	4.23	0.00	0.00	0.00	0.00
永丰	永丰镇	114.11	1.39	108.76	1.32	6.54	0.08	0.00	0.00
	城关镇	106.67	1.29	36.94	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00
	谢湾乡	15.44	0.19	63.52	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00
	卫东镇	103.26	1.25	38.10	0.46	5.60	0.07	1.15	0.01
	四皓镇	115.10	1.40	117.28	1.42	75.43	0.92	0.71	0.01
	腰市镇	86.13	1.05	237.84	2.89	100.72	1.22	53.66	0.65
景村	景村镇	124.68	1.51	19.50	0.24	199.28	2.42	30.12	0.37
	谢湾乡	42.74	0.52	25.38	0.31	65.71	0.80	0.47	0.01
	古城镇	133.39	1.62	17.49	0.21	68.92	0.84	2.12	0.03
	寺坡镇	75.98	0.92	88.54	1.07	9.77	0.12	1.71	0.02
	三要镇	76.82	0.93	115.64	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00

2.2.2 适宜区 由图 1 和表 5 可以看出,商洛市烟草主产区适宜植烟的耕地是研究区的主体,所占比例最大,主要分布在云镇基地单元、米粮基地单元的中部和北部,永丰基地单元东部及景村基地单元中部的分布范围也较大,其他地区相对较少。其中,云镇基地单元适宜植烟的耕地最多,且在云盖寺镇、黄家湾乡和青铜关镇分布较为均匀,三镇的比重都达到了 7.10% 以上;米粮基地单元适宜植烟的耕地主要位于米粮镇,占植烟耕地面积的 5.59%,以米粮镇北部为主,并且该单元中适宜植烟耕地在镇域分布范围落差较大;石门基地单元适宜植烟的耕地主要位于石门镇,达到植烟耕地面积的 1.62%,以石门镇中部为主,城关镇南部分布较为集中;灵口基地单元适宜植烟的耕地主要位于柏峪寺乡,占植烟耕地面积的 4.23%,以柏峪寺乡东部为主;永丰基地单元适宜植烟的耕地主要位于腰市镇中南部、永丰镇南部和城关镇,其中腰市镇分布最多,达到植烟耕地面积的 2.89%;景村基地单元适宜植烟的耕地主要位于三要镇,占植烟耕地面积的1.40%,以三要镇中部为主,且古城镇中部和景村镇中部分布也较多。

2.2.3 勉强适宜区 由图 1 和表 5 可以看出,商洛市烟草主产区勉强适宜植烟的耕地较少,主要分布在景村镇中部和南部、石门镇北部和中部、腰市镇中部等地区,其他地区很少。其中,云镇基地单元勉强适宜植烟的耕地主要位于云盖寺镇,占植烟耕地面积的 0.23%;米粮基地单元勉强适宜植烟的耕地主要位于红岩寺镇,占植烟耕地面积的 0.91%,以红岩寺镇北部为主;石门基地单元勉强适宜植烟的耕地主要位于石门镇,为植烟耕地面积的 1.08%,以石门镇北部和中部为主;灵口基地单元勉强适宜植烟的耕地分布范围最小,仅分布于三要镇,占植烟耕地面积的 0.04%,以三要镇南部为主;永丰基地单元勉强适宜植烟的耕地主要位于腰市镇、四皓镇,分别植烟耕地面积的 1.22%、0.92%,以腰市镇和四皓镇的中部为主;景村基地单元勉强适宜植烟的耕地主要位于景村镇,所占比例为植烟耕地面积的 2.42%,以景村镇中部和南部为主。

2.2.4 不适宜区 由图 1 和表 5 可以看出,商洛市烟草主产区不适宜植烟的耕地非常少,主要分布在景村镇北部和腰市镇北部,其他地区几乎没有。其

中,云镇基地单元不适宜植烟的耕地最少,仅在云盖寺镇东北部有极少数分布,所占比例不足 0.01%;米粮基地单元不适宜植烟的耕地主要位于米粮镇,占植烟耕地面积的 0.02%,以米粮镇南部为主;石门基地单元不适宜植烟的耕地主要位于石门镇,达到植烟耕地面积的 0.08%,以石门镇北部和中部为主;灵口基地单元不适宜植烟的耕地主要位于灵口镇,占植烟耕地面积的 0.01%,以灵口镇的东北部为主;永丰基地单元不适宜植烟的耕地主要位于腰市镇,达到植烟耕地面积的 0.65%,以腰市镇的北部为主;景村基地单元不适宜植烟的耕地主要位于景村镇,占植烟耕地面积的 0.37%,以景村镇的北部为主。

3 结论与建议

本研究结果表明,商洛市植烟耕地中,高度适宜植烟耕地数量较多,占植烟耕地面积的 32.61%,分布较为集中,主要位于石门、灵口和永丰等基地单元的低山丘陵上,坡度较小,海拔较低,水利设施健全,进行灌溉排涝的能力强;土壤类型主要为黄棕壤、棕壤、石灰岩土和褐土,黄褐土和水稻土极少,土壤养分含量都较丰富,没有明显的缺素情况;另外,土壤质地较好,耕层较为深厚。针对该类型耕地,应该切实加强保护,尽可能减少建设用地占用等情况,此外注意养地,合理地调整化肥投入比和使用量,防止土壤质量退化。

适宜植烟的耕地数量最多,其分布也最为广泛,每个乡镇均有分布,总面积达 4 530.73 hm²,占植烟耕地面积的 55.00%。主要集中于低山丘陵地区,部分河谷阶地、河谷平地以及中高山地区等也有极少量分布。对于这类耕地应该加大秸秆还田力度,提高土壤中有机的含量,进行土壤质地和结构改良;并根据烟草生长的具体需求,科学调配复合肥料的养分,增加土壤中碱解氮的含量,以改良土壤养分结构;对海拔高且不易灌溉的地区,要不断加强农田基础设施建设,提高农田的灌溉和排涝能力,尽力消除烟草生长中的各种不利因素。

勉强适宜的耕地占植烟耕地面积的 11.09%,其限制植烟的不利条件为缺乏灌溉设施,导致烟草生长期缺水,降低了植烟耕地的生产能力;此外,这类耕地地势起伏大,坡度大,再加上部分地区土层浅薄,水土流失已成为制约其生产力的重要因素之一。针对此类耕地要加大基础设施修建力度,改善

土壤灌溉条件,逐步提高耕地保墒能力;在适宜地区修建梯田,减轻土地的水土流失;加强秸秆还田监管,耕地中增施有机肥,通过轮作的耕作方式改善土壤结构和质地。

在所有植烟的耕地中不适宜植烟耕地最少,面积为 106.88 hm²,只占烟草用地的 1.30%,主要分布在中高山地,海拔较高,达到 1 500 m 以上,其地势的起伏较大,缺乏灌溉设施,改良难度较大。对于这类耕地可以因地制宜地发展果品、药材等其他经济作物,以提高土地生产能力、增加收入,坡度较大不适宜种植作物的耕地,应该加强草场植被的保护,恢复土壤生态。

参考文献:

- [1] 陈海生,刘国顺,刘大双,等. GIS 支持下的河南省烟草生态适宜性综合评价[J]. 中国农业科学,2009,42(7):2425-2433.
- [2] 郭治兴,陈泽鹏,王静,等. 广东省烟草土壤生态适宜性评价[J]. 中国烟草科学,2011,32(4):75-80.
- [3] 陈美球,潘柳芳,黄小燕,等. 基于 GIS 的瑞金市耕地植烟适宜性评价[J]. 土壤通报,2015,46(1):31-35.
- [4] 徐大兵,邓建强,刘冬碧,等. 整治区植烟土壤养分空间变异及肥力适宜性等级评价[J]. 应用生态学报,2014,25(3):790-796.
- [5] 腊贵晓,顾怀胜,刘国顺,等. 喀斯特地区烟田土壤养分空间变异特征[J]. 水土保持研究,2012,19(3):48-53.
- [6] 王波,刘佳洁,韩万友,等. 芜湖市烟草种植区土壤肥力综合评价[J]. 中国农学通报,2014,30(19):231-236.
- [7] 吴克宁,杨锋,吕巧灵,等. 烟草种植土地适宜性评价方法及综合应用[J]. 中国烟草科学,2007,28(4):37-40.
- [8] 黄河. GIS 支持下的区域蔬菜地适宜性评价[J]. 福建农业学报,2004,19(2):108-112.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.
- [10] 张晓萍,李锐,杨勤科. 基于 RS/GIS 的生态脆弱区土地利用适宜性评价[J]. 中国水土保持科学,2004,2(4):30-36.
- [11] 王路明,常庆瑞,白雪娇. 基于 GIS 的陕西省定边县耕地种植玉米适宜性评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(3):105-110,117.
- [12] 吴克宁,杨扬,吕巧灵,等. 河南省烟草生态适宜性评价的指标体系[J]. 河南农业科学,2006(4):20-23.
- [13] 陈海生,叶协峰,刘国顺,等. 基于 GIS 的河南省烤烟土壤肥力适宜性研究[J]. 土壤通报,2007,38(6):1081-1085.