

土壤地带性分区下云南省耕地利用等空间特征分析

李建华^{1,2}, 王东杰³, 陈镜宇¹, 李尤亮¹, 张建生^{1,2}, 余建新^{1,2}

(1. 云南农业大学 水利学院, 昆明 650201; 2. 云南农业大学

国土资源科学技术工程研究中心, 昆明 650201; 3. 云南农业大学 资源与环境学院, 昆明 650201)

摘要:基于云南省农用地分等成果,服务农业产业化发展,以土壤改良利用的土壤地带性分区为角度,通过采用空间叠加分析与统计的方法,分析了全省耕地利用等的空间分布。结果表明:(1)云南省砖红壤、赤红壤、山原(地)红壤地带的耕地利用等广泛分布在2—5等,7等以上较少,黄棕壤与棕壤地带的耕地利用等分布在1—6等;(2)各土壤地带中耕地平均利用等随海拔的升高而递减,且在同海拔梯度上黄棕壤与棕壤地带的耕地平均利用等均小于其他土壤地带;(3)砖红壤和赤红壤地带中的耕地平均利用等随纬度增加而递增,山原(地)红壤、黄棕壤与棕壤地带的则减小。该研究可为云南省的土壤改良利用、土地整治、农业产业化发展等工作的开展提供参考。

关键词:土壤地带性;耕地;农业产业化;利用等

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)04-0221-05

Analysis of the Spatial Characteristics of Cultivated Land Utilization Grade Based on Zonal Soil in Yunnan Province

LI Jianhua^{1,2}, WANG Dongjie³, CHENG Jingyu¹, LI Youliang¹, ZHANG Jiansheng^{1,2}, YU Jianxin^{1,2}

(1. College of Hydropower, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Engineering

Research Center of Land and Resource, Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201,

China; 3. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract:Based on the farmland grade results in Yunnan Province, we analyzed the characteristics of spatial distribution of cultivated land use to serve the development of agriculture industrialization, improve soil and use land from the view of zonal soil by combining statistics and overlay analysis. The results showed that: (1) utilization grades of cultivated land within lateritic red soil, latosol soil and mountain and upland red soil widely were identified as from grade 2 to grade 5, and the identified gradation which was above grade 7 accounted for a little proportion. The grades of cultivated land within yellow brown and brown soil appeared from 1 to 6; (2) the average utilization grade of cultivated land within different zonal soil types decreased with the increase of elevation, and grades of yellow brown and brown were lower than the other's at the same elevation; (3) with the increase of latitude, the average utilization grade of cultivated land belonging to latosol and lateritic red soil types increased while the another reduced. This research results could support the work of improving soil, land consolidation and developing agriculture industrialization.

Keywords: zonal soil; cultivated land; agriculture industrialization; utilization grade

云南省作为我国西南地区的农业大省,具有丰富的光、热、水等自然资源,有利于加速实现农业产业化。云南土壤类型多样,红壤系列占土地面积的55.32%,且自南而北呈砖红壤—赤红壤—红壤—棕壤的水平地带性分布,其有机质分解较快,土壤肥力和产出能力较低,部分地区耕地质量退化趋势加剧。故根据云南省土壤的地带性特征以及耕地的利用水平现状,基于省

级尺度划定主要土壤改良利用分区,明确相应农业产业化发展方向,并通过土地整治,提高耕地的利用水平,有效增强耕地的粮食生产能力,快速推进农业产业化发展。

农用地分等工作是指在全国范围内按照标准耕作制度,在自然质量、平均土地利用、平均土地经济的条件下,根据规定的方法和程序进行的农用地质量综

合评定,划分出农用地等别的工作;亦是核查农用地资源质量,确定农用地征地补偿标准,实施占补平衡,评估土地整治后耕地质量,促进农业产业化发展的重要基础工作。1999—2009年,国土资源部在全国范围内组织了各省的农用地分等调查评价工作。云南省于2008年相继完成了农用地分等工作,形成了省级及国家级汇总成果。农用地分等工作将农用地按自然质量等、利用等、经济等三个等别进行划分,其中的利用等其实质是应用县域内分等值区内计算得到的土地利用系数对农用地的自然质量等修正而得,能反映农用地的利用现状及其实际生产能力。

耕地是农用地的重要组成部分,是农用地分等工作的主要对象,其质量的高低直接关系产出能力。农用地利用等是耕地利用水平的直观表现形式,既反映出耕地生产能力的差异,又表示了耕地质量在空间上的差异^[1]。目前,我国的农用地利用等别的空间分布研究多以省级、县级等尺度展开^[2-4];云南省从三级分区的角度已对农用地利用等区域分布规律展开了研究^[5];针对云南省的耕地保护^[6]、耕地资源变化因素^[7-9]及耕地需求量预测^[10]等问题的研究较多。影响耕地的空间分布的因素众多,而土壤是耕地质量影响最为显著的耕地构成因素^[11-12]。基于土壤调查,云南省的土壤类型、土壤分布和土壤评级有过深入研究^[13],并得出了全省土壤地带性特点,呈水平、垂直、相性分布规律的结论^[14-15],其较强的地带性使得耕地资源质量呈现地带性变化^[16]。然而,耕地的土壤自然质量及分布,仅能作为农业生产的基础,不能够完全反映其生产水平,故需通过其利用等直接表达相应的生产能力。

土壤的形成与海拔、纬度密切相关,随着海拔的变化,各县域内热量、植被及降雨等成土因素亦变化。纬度的不同,其降雨、太阳辐射等差异,加之气候、生物因素的作用,影响了土壤的形成。土壤的分布表现出明显的纬度地带性差异和海拔高低上的垂直地带性差异^[17],因此,基于云南省土壤自然地带性,结合其土壤改良利用方向,划定主要土壤地带,以海拔与纬度的空间视角探究耕地利用等别空间分布特征,进而有效指导和服务于全省的土壤改良、耕地质量提升、土地整治潜力发掘和农业产业化发展等工作。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

云南省位于我国西南边陲,省内海拔高低差异大,纬度跨度较大,立体特征凸显。2013年,全省常住人口达到4 698万,总面积约39万 km^2 ,其中耕地面积约为612万 hm^2 。自然地理环境、气候类型复杂多样,以及

多种化学类型的风化壳和成土母质和丰富的植被类型,产生了云南省复杂的土壤种类。全省土壤分类系统主要由7个纲、14个亚纲、18个土类、34个亚类组成^[18]。根据云南省主要土壤分布情况,以及服务土壤改良利用及农业产业化发展的目标,可将全省分为四个主要土壤地带,即赤红壤地带、砖红壤地带、山原(地)红壤地带、黄棕壤与棕壤地带;分别覆盖了滇西南中山宽谷与滇东南岩溶山原,德宏、西双版纳、河口、江城的丘陵盆地与河谷,滇西中山盆地、滇东高原湖盆地与滇东北中山山原,滇西北高山峡谷。

1.2 数据来源与处理方法

本文以云南土壤分布图、《中国耕地质量等级调查与评定》(云南卷)及云南省农用地分等成果作为研究的基础资料。以云南省农用地分等省级汇总数据库成果(1:50万)的矢量数据为基础资料,采用综合指数法计算每个分等单元的耕地利用等别。基本思路是在云南省耕作制度的控制下,基于作物光温潜力,经作物产量比系数折算成全国可比的标准粮,再计算耕地自然质量分,用土地利用系数进行测算,按照积分法综合成可比的评价数量指标^[19]。

采用ArcGIS 10.0软件完成数据库的建立、成果图件的编制以及面积的量算,提取主要土壤类型的地带性空间数据与属性数据,并进行空间叠加与统计分析,分析其耕地利用等在垂直方向和水平方向的空间分布规律。

1.3 利用等计算方法

根据《农用地分等规程》(以下简称《规程》)中指定作物自然质量等指数计算模型测算各评价单元的耕地自然等指数。云南省耕地利用评价等别划分采用等间距法,耕地自然质量等根据评价单元的自然质量等指数值,确定调查样点指定作物的单产及最高单产,计算土地利用系数并修正自然质量等指数值,以200分一个等别间距进行耕地利用等的划分。

云南省海拔差异显著,最高点海拔6 740 m在德钦县怒山山脉梅里雪山主峰卡格博峰,最低点海拔为76.4 m位于南溪河与元江交汇处,海拔高差达6 663.6 m,由南向北,平均每 km 海拔升高6 m,且该省绝大部分耕地分布在3 500 m以下,而3 500 m以上基本无耕地分布。基于主要土壤地带性,以及云南省立体区域的现状分布特征,研究耕地利用等空间分布规律时,在海拔方向上,将不同土壤地带的耕地从低到高按海拔500 m的高度划分,划分出0~500,500~1 000,1 000~1 500,1 500~2 000,2 000~2 500,2 500~3 000,3 000~3 500,3 500 m以上8个垂直区域。云南省位于北回归线横贯南部,属于低纬度的内陆地区,地理位置

位于东经 97°31'39"—106°11'47", 东西跨经度近 9°; 北纬 21°08'—29°15', 南北跨纬度 8°。属于热带、亚热带季风气候区, 由于地势北高南低, 加剧了因纬度造成的温度差别, 各地年平均温度(除金沙江干热河谷和沅江河谷地区外)大致由北向南递增, 形成了全省气候垂直变化, 直接影响了农作物种植, 从而决定了耕地的利用水平。同时, 受海拔因素的影响使得耕地利用水平在经度方向不具有显著规律性。故在纬度方向上, 按 2°划分为 ≤23°, 23°~25°, 25°~27°, 27°~29°的 4 个水平区域, 通过对全省不同土壤地带的耕地在不同海拔梯度及纬度区域的各评价单元利用等进行面积加权, 得出不同土壤地带耕地平均利用等, 计算公式如下:

$$Y = \frac{\sum_{j=j_{\min}}^{j_{\max}} j \times F_j}{F_T} \quad (1)$$

表 1 云南省不同土壤地带中相同利用等别的耕地面积比例

利用等	砖红壤地带		赤红壤地带		山原(地)红壤地带		黄棕壤与棕壤地带		面积 合计/hm ²
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	
1等	9463.14	4.36	106377.65	49.04	34794.30	16.04	66290.66	30.56	216925.75
2等	91809.1	10.21	334734.45	37.24	399942.31	44.50	72311.93	8.05	898797.79
3等	72386.46	6.53	347248.98	31.35	616590.22	55.66	71602.45	6.46	1107828.11
4等	66636.75	4.89	497553.91	36.53	765615.87	56.22	32129.17	2.36	1361935.70
5等	59873.02	5.82	429214.01	41.70	533527.40	51.84	6593.85	0.64	1029208.28
6等	56384.35	8.83	237376.21	37.17	342244.77	53.59	2580.55	0.40	638585.88
7等	13939.53	4.70	165552.84	55.87	116836.31	39.43	0	0	296328.68
8等	25781.16	10.73	78828.16	32.80	135744.41	56.48	0	0	240353.73
9等	9805.56	7.75	43751.26	34.57	73012.64	57.69	0	0	126569.46
10等	22375.61	24.70	19073.86	21.05	49143.47	54.25	0	0	90592.94
11等	855.58	1.38	19510.51	31.46	41653.45	67.16	0	0	62019.54
12等	14.71	0.11	6294.48	46.24	7304.69	53.66	0	0	13613.88
13等	8146.31	59.66	450.05	3.30	5058.34	37.04	0	0	13654.70
14等	5610.43	36.57	1209.96	7.89	8522.41	55.55	0	0	15342.80
15等	0.62	0.01	1218.83	20.56	4709.45	79.43	0	0	5928.90
16等	0	0	1865.14	100.00	0	0	0	0	1865.14
总计	443082.33		2290260.30		3134700.04		251508.61		6119551.28

从云南省耕地分布的不同土壤地带来看, 山原(地)红壤地带的耕地分布最广, 面积达到 3 134 700.04 hm², 占全省耕地总面积的 51.22%; 其次是赤红壤地带的耕地, 面积是 2 290 260.30 hm², 占全省耕地的 37.43%; 砖红壤地带的耕地面积为 443 082.23 hm², 所占比例为 7.24%; 分布最少的耕地是在黄棕壤与棕壤地带, 面积为 251 508.61 hm², 在全省耕地中所占比例仅为 4.11%。从耕地利用等看, 16 等的耕地仅分布于赤红壤地带, 砖红壤地带、山原(地)红壤地带的耕地, 黄棕壤与棕壤地带的耕地最高利用等仅为 6 等。

砖红壤地带的耕地利用等的 1—5 等主要分布在孟连、绿春、陇川、景洪、勐腊、勐海、潞西、江城、金平等县的山区, 面积分散, 以旱地为主, 无灌溉水源, 气温较低, 大部分的分等单元为一年一熟, 耕地复种指数低, 耕地利用水平低; 6—10 等分布在陇川、瑞丽、

式中: Y 为等别的平均值; j_{\min} 为等别最小值; j_{\max} 为等别最大值; j 为等别; F_j 为 j 等农用地面积; F_T 为总面积。

2 结果与分析

2.1 不同土壤地带的耕地利用等计算结果

根据《规程》和《云南省农用地分等技术方案》, 计算农用地评价单元利用等指数, 并进行利用等的划分。云南省利用等范围在 1—16 等, 其中 1 等耕地利用水平最低, 16 等利用水平最高; 对全省不同主要土壤地带中各利用等的耕地面积进行统计分析, 并计算出不同土壤地带中相同利用等别的耕地面积占全省同等别耕地的比例, 计算结果见表 1。

潞西、景洪、金平等县的平坝区和缓丘陵区, 为一年两熟, 大部分为水田, 耕地相对集中, 利用水平中等; 11 等以上的耕地主要分布在景洪和瑞丽的县城平坝区, 以水田为主, 耕地比较集中, 土壤有机质含量高, 部分地块为一年三熟, 光、热、水土条件好, 灌溉水源充分满足, 土地利用水平高。

赤红壤地带的耕地利用等的 1—5 等主要分布在临沧市(除云县)、保山市(除隆阳区)、普洱市(除孟连县)、红河州(除金平、绿春、河口、泸西县)、文山州(除砚山、广南、丘北县)以及德宏州的梁河县、盈江县和玉溪市的新平县、元江县的山区均有分布, 其旱地占 86%, 且分布于海拔较高的山区, 气温较低, 光热条件差, 无水源灌溉, 利用等低; 6—10 等除临沧市的沧源县和双江县、普洱市的西盟县及红河州的元阳县无分布外, 均有分布, 集中分布在海拔较低的缓丘陵区, 水

资源量较少,农业生产条件一般;11 等以上的耕地主要分布在新平、元江、梁河等县城或乡镇的平坝区和河谷地带,水田居多,灌溉水源充分满足,土壤有机质含量高,利用等高。

山原(地)红壤地带的耕地利用等的 1—5 等分布在昭通市、曲靖市、昆明市、楚雄州、大理州、玉溪市的各个县及丽江市的永胜县和华坪县,以及文山州的砚山、丘北、广南三县,保山市的隆阳、腾冲两县,该区域的耕地土壤有机质含量低,地形坡度大,旱地居多,无灌溉水源,且部分坡耕地水土流失严重,利用等较低;6—10 等除了在昭通市的镇雄县、昭阳区、大关县、威信县和曲靖市的沾益县无分布外,其余地区均有分布;其中水田占 65%,旱地和水浇地较少,耕地较集中,光热条件较好,灌溉水源基本满足,土地利用系数较高,故利用水平中等;11 等以上的耕地主要分布在宾川县、元谋县、通海县、红塔区等县(市)城周边的平坝区,地势平坦,以水田为主,有少许旱地或水浇地,光热条件好,有充足的灌溉水源保证,利用等别高。

黄棕壤与棕壤地带的耕地利用等的 1—5 等分布在贡山、福贡、兰坪、泸水、德钦、维西、香格里拉、玉龙、古城、宁蒗等县,以坡耕地为主,基本为旱地且零星分散,大部分单元为一年两熟,该区域位于高寒山区,气温低,光热条件差,水资源贫乏,土地利用系数较低,利用等较低;6 等耕地分布在泸水县平坝区,灌溉条件基本满足,主要为水田,热量相对较高,利用等中等;且无 6 等以上的耕地分布。

由于同一土壤地带的耕地利用等别多样且分布散,故采用平均利用等来代表不同土壤地带的耕地在不同海拔梯度、纬度区域内的利用等别,以反映同一土壤地带的耕地在垂直和水平方向上的变化规律。

2.2 不同土壤地带耕地利用等垂直分布空间特征

采用利用等计算方法,并进行统计与分析,得出四种土壤地带耕地的平均利用等与海拔梯度的关系,见图 1:

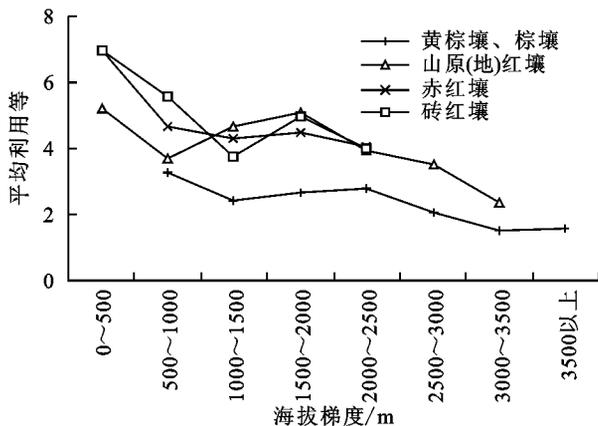


图 1 平均利用等与海拔梯度关系

由图 1 可知:同一土壤地带的耕地平均利用等随着海拔的升高呈递减的趋势。

赤红壤地带的耕地在海拔 500 m 以下的地区其平均利用等为 6.95 等,500~2 500 m 间其平均利用等随海拔高度增加而降低,由 5.60 等降为 4.21 等,由于该区域位于亚热带,拥有较多宽谷与河谷,光、热、水资源差异不大,均处于 4—5 等。

砖红壤地带的耕地在海拔 500 m 以下的区域平均利用等最高,为 7 等,该区域光、热、水资源丰富,自然条件好,土地利用水平高;在 500~1 000 m 间的平均利用等为 5.58;在 1 000~1 500 m 间的平均利用等为 3.74 等,这部分耕地分布零散,小麦、玉米的产量低,利用水平较低。在 1 500~2 500 m 间的区域平均利用等为 4.99 等,该区域耕地中水田居多,粮食产量较高,平均利用等有所上升。

山原(地)红壤地带的耕地在 500 m 以下区域平均利用等为 5.20 等,这些耕地相对集中,光热条件较好;在 500~2 000 m 间时平均利用等从 3.67 等升至 5.11 等,该部分耕地主要分布在滇中高原盆地区,由于人口密度大,对土地精耕细作,使得粮食产量有所提高;在 2 000 m 以上的区域等别从 3.94 等降至 2.39 等,这部分耕地多为旱地,零星分布在偏远的山区,基础设施条件差,土地利用水平不高。

黄棕壤与棕壤地带的耕地在低于 1 000 m 时平均利用等为 3.26 等;在 1 000~1 500 m 间时,平均利用等为 2.41 等;在 1 500~2 500 m 间的利用等变化平缓;在 2 500~2 500 m 的区域上呈递减趋势,利用等别低至 1.52 等,在 3 500 m 以上时平均利用等变化平缓,平均利用等为 1.59 等。该土壤地带处于高寒山区,气温低,光热条件差,整体的平均利用等都较低。

从各土壤地带间的对比情况看,在海拔低于 1 000 m 时,砖红壤地带的耕地平均利用等高于其他土壤地带。海拔在 1 000~2 000 m 时,山原(地)红壤地带的耕地平均利用等高于其他土壤地带。而黄棕壤与棕壤地带的耕地平均利用等总体明显低于其他土壤地带。

2.3 不同土壤地带耕地利用等水平分布空间特征

由于受成土母质、地形、气候等因素的影响,砖红壤在纬度 25°以上的区域、赤红壤在 27°以上的区域、山原(地)红壤在 23°以下的区域及黄棕壤、棕壤在 25°以下的区域均无分布。采用利用等计算方法,并进行统计与分析,其关系见图 2。

由图 2 可知,砖红壤与赤红壤地带的耕地平均利用等在纬度较低时均低于纬度较高区域的,山原(地)红壤、黄棕壤与棕壤地带的耕地平均利用等则高于纬

度较高区域,而黄棕壤与棕壤地带的耕地平均利用等均低于其他土壤地带。

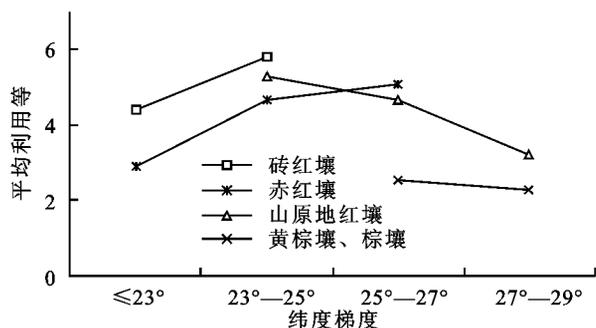


图2 平均利用等与纬度梯度的关系

赤红壤地带的耕地在 23° 以南的区域平均利用等为 2.91 等,该部分耕地主要分布在滇南中山宽谷区和南部边缘低山宽谷区,水稻、玉米和小麦均有种植,粮食产量不高,土地利用系数低,平均利用等最低。在 $25^\circ-27^\circ$ 区域的耕地等别为 4.68 等,而在 $27^\circ-29^\circ$ 的区域耕地平均利用等为 5.10 等,该类耕地集约程度高,水稻、玉米、小麦的产量高,土地利用系数较高,平均利用等较高。

砖红壤地带的耕地在 23° 以南的区域平均利用等为 4.39 等,该区域耕地复种指数低,耕地利用水平不高,导致平均利用等不高。 $23^\circ-25^\circ$ 区域平均利用等为 5.79 等,水稻、玉米、小麦的产量较高,平均利用等有所上升。

山原(地)红壤地带的耕地在 $23^\circ-25^\circ$ 度的区域平均利用等为 5.28 等,分布在滇中高原盆地区和滇南中山宽谷区,该区域的经济和科技水平相对发达,土地集约程度高,平均利用水平较高。随着纬度的升高,太阳辐射减少,粮食产量有所降低,使得平均利用等有所下降。纬度在 $27^\circ-29^\circ$ 区域的平均利用等为 3.23 等,主要分布在滇东北地区,以玉米和小麦为主,土层厚度薄,粮食产量低,土地利用系数小,平均利用等较低。

黄棕壤、棕壤地带的耕地分布于滇西北高山峡谷区,光热条件差,农民对土地投入少,土地利用系数低,平均利用等低。

3 结论与讨论

(1) 云南省赤红壤、砖红壤、山原(地)红壤等地带的耕地面积大、分布广,利用等广泛分布,均有 6 等以上的耕地分布,而黄棕壤与棕壤中的耕地利用等则分布在 1~6 等,且无更高等别的耕地分布。

(2) 云南省不同土壤类型地带中的耕地随着海拔的升高,其平均利用等呈递减的趋势。其中黄棕壤与棕壤的平均利用等最高仅为 3.26 等,在同海拔梯

度上均小于其他土壤地带的耕地。

(3) 因受到人口分布及耕地复种指数的影响,砖红壤和赤红壤地带的耕地平均利用等随着纬度的增加而增加。由于太阳辐射及降雨相对减少,山原(地)红壤和黄棕壤、棕壤地带的耕地平均利用等随着纬度的增加而减小。

海拔对耕地利用等的影响显著。应将海拔较低的砖红壤、赤红壤、山原(地)红壤耕地作为土地整治的重点区域,使之成为云南农业产业化发展重点区域;对海拔较高的黄棕壤与棕壤地带的耕地,需有效防止区域内耕地的过度垦殖,对于水土流失严重区域应进行退耕还林,发展林业、牧业,保护生态环境,以实现土地资源的可持续利用。

纬度对耕地利用水平的影响突出。应大力提高低纬度较低区域的砖红壤、赤红壤地带的耕地利用水平,培育成为云南省农业产业化的重要基地;通过加大投入或改造纬度较高的砖红壤、赤红壤、山原(地)红壤地带的耕地,推进农业产业化发展;对于高纬区域的山原(地)红壤、黄棕壤与棕壤区域的耕地,应保护土地资源,管控耕地开发。

本文的研究成果可为云南省的耕地开发利用及其利用水平的提升提供依据,为合理开发和利用耕地资源,实现土地资源的可持续利用,推动全省农业产业化得发展有着重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 贾树海,邱志伟,潘锦华,等. 辽宁省农用地质量空间分布及影响因素[J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 273-279.
- [3] 孙彦伟,李勤奋,何中发,等. 上海市农用地分等及其形成机理研究[J]. 上海地质, 2009(4): 59-63.
- [4] 孔祥斌,张青璞. 中国西部区耕地等别空间分布特征[J]. 农业工程学报, 2012, 28(22): 1-7.
- [5] 刘语旺,王波. 云南省农用地利用等区域分布规律研究[J]. 资源与产业, 2008, 10(5): 83-87.
- [6] 彭尔瑞,王穗,郝莉莎,等. 云南耕地与基本农田保护现状分析及对策研究[J]. 资源与产业, 2009, 11(4): 59-63.
- [7] 许婧婧,杨子生. 云南省耕地数量分布的影响因素分析[C]//2008 中国土地资源可持续利用与新农村建设的学术研讨会论文集[M]. 重庆:西南大学出版社, 2008.
- [8] 余菊,郑宏刚,文杰,等. 云南省不同海拔梯度耕地自然质量等特征分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(4): 224-228.
- [9] 杨庆,杨世先,马文彬,等. 山地农业区耕地资源空间分布状况:以云南省玉溪市为例[J]. 山地学报, 2005, 23(6): 749-755.

- [7] 宋轩,段金龙,杜丽平. 城市热岛效应研究概况[J]. 气象与环境科学,2009,32(3):68-72.
- [8] 杨萍,肖子牛,刘伟东. 北京气温日变化特征的城郊差异及其季节变化分析[J]. 大气科学,2013,37(1):101-112.
- [9] 曹爱丽,张浩,张艳,等. 上海近 50 a 气温变化与城市化发展的关系[J]. 地球物理学报,2008,51(6):1663-1669.
- [10] Jusuf S K, Wong N H, Hagen, et al. The influence of land use on the urban hest island in Sigapore[J]. Habitat Intemational,2007,31(2):232-242.
- [11] Fu H. Cause and effect of global climate warming. Journal of Capital Normal University[J]. Natural Science Edition. 2007,28(6):11-15,21.
- [12] Avissar R. Potential effects of vegetation on the urban thermal environment[J]. Atmospheric Environment, 1996,30(3):437-448.
- [13] Jim C Y, Chen W Y. Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou [J]. Journal of Environmental Management, 2008, 88 (4):665-676.
- [14] Hutyrá L R, Yoon B, Alberti M. Terrestrial carbon stocks across a gradient of urbanization:a study of the Seattle, WA region[J]. Global Change Biology,2011, 17(2):783-797.
- [15] 佟华,刘辉志,李延明,等. 北京夏季城市热岛现状及楔形绿地规划对缓解城市热岛的作用[J]. 应用气象学报,2005,16(3):357-366.
- [16] Yin H W, Xu J G, Kong F H. Impact of the amenity value of urban green space on the price of house in Shanghai[J]. Acta Ecologica Sinica,2009,29(8):4492-4500.
- [17] 朱春阳,李树华,纪鹏,等. 城市带状绿地宽度与温湿效益的关系[J]. 生态学报,2011,31(2):383-394.
- [18] 张彪,高吉喜,谢高地,等. 北京城市绿地的蒸腾降温功能及其经济价值评估[J]. 生态学报,2012, 32(24): 7698-7705.
- [19] 孙金伟,吴家兵,关德新,等. 森林与空旷地空气温湿度及土壤温度的长期对比研究[J]. 生态学杂志,2011,30 (12):2685-2691.
- [20] Sander H, Polasky S, Haight R G. The value of urban tree cover: A hedonic property price model in Ramsey and Dakota Counties, Minnesota, USA[J]. Ecological Economics,2010,69(8):1646-1656.
- [21] 叶柯,覃志豪. 基于 MODIS 数据的南京市夏季城市热岛分析[J]. 遥感技术与应用,2006,21(5):426-431.
- [22] 彭保发,陈端吕,李文军,等. 土地利用景观格局的稳定性研究:以常德市为例[J]. 地理科学,2013,33(12): 1484-1488.
- [23] 唐罗忠,李职奇,严春风,等. 不同类型绿地对南京热岛效应的缓解作用[J]. 生态环境学报,2009,18(1):23-28.
- [24] 闫少锋,张金池,张波,等. 2008 年南京市热岛效应演变特征及其对城市居民生活影响[J]. 气象与环境学报,2011,27(1):14-20.
- [25] 郑万钧. 中国树木志[M]. 2 卷. 北京:中国林业出版社, 1985.
- [26] 李建民,周志春,吴开云,等. RAPD 标记研究马褂木地理种群的遗传分化[J]. 林业科学,2002,38(4):61-66.
- [27] 龚细娟,肖兴翠,梁丽容,等. 杂交马褂木幼林施肥试验 [J]. 湖南林业科技,2013,40(3):23-26.
- [28] 朱玲,笪红卫,唐罗忠. 干旱胁迫对杂种马褂木形态特征的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(10):9-13.
- [29] 吴晓星,房义福,姜楠南,等. 杂交马褂木回交优株的光合特性[J]. 经济林研究,2011,29(4):36-40.
- [30] 郭伟,申屠雅瑾,赵丽丽,等. 秋季北方城市植物群落对温湿度的影响[J]. 生态环境学报,2009,18(4):1422-1426.
- [31] 周立晨,施文,薛文杰,等. 上海园林绿地植被结构与温湿度关系浅析[J]. 生态学杂志,2005,24(9):1102-1105.
- [32] 张远彬,王开运,鲜骏仁,等. 川西亚高山白桦林小气候的时空动态特征[J]. 应用与环境生物学报,2006,12 (3):297-303.

(上接第 225 页)

- [10] 王穗,张建生,彭尔瑞,等. 云南省耕地需求量预测研究 [J]. 云南农业大学学报,2010,25(2):256-263.
- [11] 摆万奇,赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. 资源科学,2001,23(3):39-41.
- [12] 白淑英,张树文,张养贞. 耕地分布及其扩张过程与土壤类型空间相关分析[J]. 土壤通报,2005,36(5):14-16.
- [13] 张耀武. 中国耕地质量等级调查与评定:云南卷[M]. 北京:中国大地出版社,2010.
- [14] 周乐福. 云南土壤分布的特点及地带性规律[J]. 山地研究,1983,1(4):31-38.
- [15] 虞光复,陈永森. 论云南土壤的地带分布规律[J]. 云南大学学报,1998,20(10):55-58.
- [16] 张红,周生路,吴绍华,等. 江苏省农用地质量空间格局及其影响因素分析[J]. 资源科学,2008,30(2):221-227.
- [17] 陈作雄. 论广西土壤的垂直地带性分布规律[J]. 广西师范学院学报:自然科学版,2003,20(1):66-72.
- [18] 王文富. 云南土壤[M]. 昆明:云南科技出版社,1990.
- [19] 王建国,单红艳,杨林章. 我国农用地分等定级理论与方法讨论[J]. 农业系统科学与综合研究,2002,18(2): 84-85.