

# 陆良县不同海拔耕地自然质量等变化特征分析

李海丛<sup>1,2</sup>, 廖丽君<sup>1,2</sup>, 张建生<sup>1,2</sup>, 张川<sup>1,2</sup>, 王东杰<sup>3</sup>, 陈运春<sup>1,2</sup>, 余建新<sup>1,2</sup>

(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:** 针对云南省第一轮《农用地分等规程》中未将海拔作为分等因素的情况且缺少县域尺度海拔对耕地自然质量等影响的变化特征研究, 以陆良县为研究区域, 采用 GIS 空间分析和数理统计分析相结合的方法, 探明不同海拔对耕地自然质量等影响的变化特征。结果表明: (1) 总体上, 陆良县水田、水浇地、旱地自然质量等均与海拔变化呈现线性相关关系, 随海拔的升高而呈现降低趋势。 (2) 海拔低于 2 000 m 区域三者平均自然质量等均相对较高, 为 9.3~10.9 等; 海拔高于 2 000 m 区域三者平均自然质量等均相对较低, 为 10.0~11.8 等。因此, 县域尺度海拔对耕地自然质量等影响的变化特征规律明显, 研究成果可为完善农用地分等理论研究工作提供参考。

**关键词:** 农学其他学科; 变化特征; 空间分析与数理统计分析; 海拔; 耕地; 自然质量等

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)04-0103-05

## Analysis of the Change Characteristics of Cultivated Land Physical Quality Grade at Different Elevations in Luliang County

LI Haicong<sup>1,2</sup>, LIAO Lijun<sup>1,2</sup>, ZHANG Jiansheng<sup>1,2</sup>, ZHANG Chuan<sup>1,2</sup>,  
WANG Dongjie<sup>3</sup>, CHEN Yunchun<sup>1,2</sup>, YU Jianxin<sup>1,2</sup>

(1. College of Water Conservancy, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Engineering Research Center of Science and Technology of Land and Resources, Yunnan Agricultural University, Yunnan Kunming 6502011, China; 3. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Yunnan Kunming 6502011, China)

**Abstract:** In view of the situation that altitude has not been taken as one of the grading factors in the first round of the farmland classification regulation in Yunnan Province, and research on variation characteristics of the influence of different altitude on the cultivated land natural quality in the county scale is scarce, we took Luliang County as the study area, to find out the variation characteristics of the influence of different altitude on the cultivated land natural quality using the GIS spatial analysis and mathematical statistics analysis method. The results indicate that: (1) on the whole, the natural quality grades of the paddy field, the irrigated land and the dry land in Luliang County are linearly related to the changes of altitudes, and show the decreasing trend with the rise of altitude; (2) in these areas whose altitude are less than 2 000 meters, the average natural quality grades of the paddy field, irrigated land and dry land are all relatively high, the levels range between 9.3 and 10.9; in these areas whose altitudes are higher than 2 000 meters, the average natural quality grades of the paddy field, irrigated land and dry land are all relatively low, the levels are between 10.0 and 11.8. As a consequence, the variation characteristics of the influence of different altitudes on the cultivated land natural quality have obvious regularity. These results can be used to provide scientific basis for the perfection of farmland classification theory.

**Keywords:** other subjects of Agronomy; variation characteristics; spatial analysis and mathematical statistics; elevation; cultivated land; physical quality grade

耕地作为人类生存的最基本的生产资料,随着人口不断增长以及城市化进程加快,其质量状况需得到重视<sup>[1-2]</sup>。云南省位于我国西南边陲,山区比重大,少

数民族多,人均可利用耕地少,耕地后备资源严重不足<sup>[3]</sup>,而陆良县作为云南省粮食主产县之一,其耕地质量的提高对于保证云南省粮食安全意义重大。

耕地自然质量等是耕地质量的直观表现形式<sup>[3]</sup>,主要反映影响农作物生长的气候和土壤条件以及田间工程状况,即耕地满足作物生长需要的程度<sup>[4]</sup>。耕地自然质量等,学者在“空间分布特征”<sup>[3,5-11]</sup>、“等级监测变化”<sup>[12]</sup>、“分等方法修正”<sup>[13]</sup>、“系数影响”<sup>[14]</sup>和“地力影响”<sup>[15]</sup>方面已做了大量研究。

海拔通过影响区域温度、水分和光照的分布进而影响耕地自然质量等,然而云南省第一轮《农用地分等规程》中未将海拔作为分等因素<sup>[16]</sup>。因此,邹玥等以海拔差异较大的云南省香格里拉县为例,将海拔因子作为一个修正系数纳入自然质量等指数的计算中后,所得的成果更加符合该县实际情况<sup>[17]</sup>。而后,余菊等以云南省为研究区域,分析耕地自然质量等与海拔梯度的相关性,得出自然质量等总体上呈现随海拔升高而降低的趋势,但海拔梯度在 1 500~2 000 m 和 3 500 m 以上区域内有轻微回升,即省域尺度海拔层面的垂直分布直接影响到区域耕地结构,准确反映不同海拔区域耕地资源配置状况<sup>[3]</sup>。但已有研究尺度较大,且将耕地作为一个整体,缺少县域尺度海拔对三个类型耕地自然质量等影响的变化特征研究。

因此,本文从县域尺度出发,采用 GIS 空间分析和数理统计分析相结合的方法,探究海拔对水田、水浇地和旱地自然质量等影响的变化特征,以期完善农用地分等理论研究工作做基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

陆良县是云南省粮食主产区之一,位于云南省东北部,土地总面积 2 096 km<sup>2</sup>,辖 10 个乡镇。全县耕地面积 7.676 万 hm<sup>2</sup>,占土地总面积的 38.27%,耕地分布为海拔 1 640~2 626 m。水田总面积为 2.511 8 万 hm<sup>2</sup>,中部坝区和西部均有大面积分布,海拔分布介于 1 649~2 279 m;水浇地总面积 0.327 8 万 hm<sup>2</sup>,零星分布于坝区和山丘区,海拔分布介于 1 824~2 417 m.;旱地总面积 4.836 1 万 hm<sup>2</sup>,分布在山丘区域,海拔分布介于 1 640~2 626 m。全县具有高原山地、丘陵、盆地相间分布的复杂地貌特征,由于地势高低悬殊,地貌类型各异,气温的空间分布有明显差异,坝区较温暖,山区较冷凉<sup>[18-20]</sup>。地表水资源在空间上大多分布于山区,坝区相对较少,地下富水情况坝区优于山区。山区水低田高,水资源利用率低,坝区人口密集,用水量较大。全县普遍存在水土资源不协调的情况。

### 1.2 数据来源

数据来源于将海拔因子纳入《云南省陆良县农用地分等成果》作物光温(气候)生产潜力指数修正中重新计

算的国家级汇总数据。包括陆良县 10 个乡镇,陆良县耕地总计 25 907 个分等单元,耕地自然质量等范围为 9.1~12.1 等。结合陆良县土地利用现状图中耕地空间位置、耕地类型、耕地图斑面积以及 DEM 影像,对陆良县不同海拔耕地自然质量等进行分析。

### 1.3 研究方法

(1) GIS 空间分析法<sup>[5]</sup>:将县级耕地等别数据,与由行政区划图、土地利用现状图等叠置成的“陆良县耕地分等单元图”进行属性连接,并以 DEM 影像为基础,进行分等单元的海拔统计,分等单元同时具备了空间位置、海拔、自然质量等等多种属性,最后得到不同海拔耕地自然质量等空间分布特征。

(2) 数理统计分析法<sup>[3]</sup>:应用 Excel 软件对属性数据进行分析计算(对耕地自然质量等保留一位小数,提高求算结果的精确性),完成对耕地海拔与耕地自然质量等相关性分析以及面积的统计计算。

(3) 面积加权公式<sup>[6]</sup>:

$$Y = \frac{\sum_{i=i_{\min}}^{i_{\max}} i \times F_i}{F_{\text{总}}} \quad (1)$$

式中:Y 为自然质量等平均值;i 为自然质量等; $i_{\min}$  为自然质量等最小值; $i_{\max}$  为自然质量等最大值; $F_i$  为 i 自然质量等的耕地面积; $F_{\text{总}}$  为耕地总面积。通过面积加权公式计算耕地平均自然质量等。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同海拔水田自然质量等变化特征分析

陆良县水田涉及 6 870 个分等单元,总面积为 2.511 8 万 hm<sup>2</sup>,海拔分布介于 1 649~2 279 m,自然质量等最高为 9.1 等,最低为 11.2 等。应用公式(1),通过对每一分等单元耕地自然质量等进行面积加权得知,水田平均自然质量等相对最高,为 9.5 等。以海拔为 x 轴,以自然质量等为 y 轴,分析不同海拔水田自然质量等变化特征,见图 1。

由图 1 可知,水田自然质量等与海拔呈现线性关系,相关系数  $R=0.65$ ,判定系数  $R^2=0.417$ ,相关度为 65%。总体上,水田自然质量等随着海拔的升高呈现降低趋势,并呈分层分布。

水田海拔介于 1 800~2 100 m 时,自然质量等呈现上下分层分布。结合陆良县土地利用现状图,水田在陆良县中部坝区和西部均有大面积分布,面积占水田全部面积的 99.9%。下层主要分布于陆良县中部坝区,地势起伏平缓,耕地相对集中连片,灌溉设施充分满足,排水条件健全,光、温、水等自然资源利于作物生长,生态系统相对稳定,土质容易保水保肥;上层主

要分布于陆良县西部区域,地势起伏差异大,地块相对零散,水资源利用率低,作物生长适宜性较坝区低。因此,水田自然质量等会呈现分层分布状态。

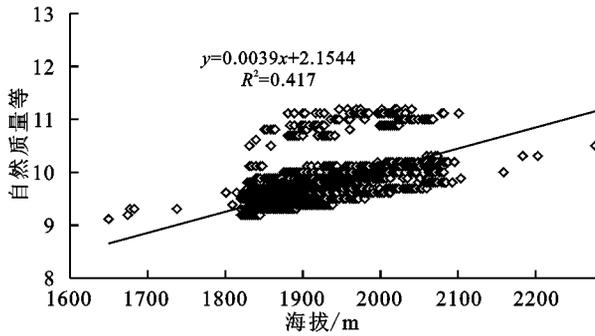


图1 不同海拔水田自然质量等变化特征

按海拔梯度划分 1 649~1 700 m, 1 700~1 800 m, 1 800~1 900 m, 1 900~2 000 m, 2 000~2 100 m, 2 100~2 200 m 和 2 200~2 279 m, 并应用公式(1), 分析不同海拔梯度水田面积和水田平均自然质量等的分布及变化特征, 见图 2。

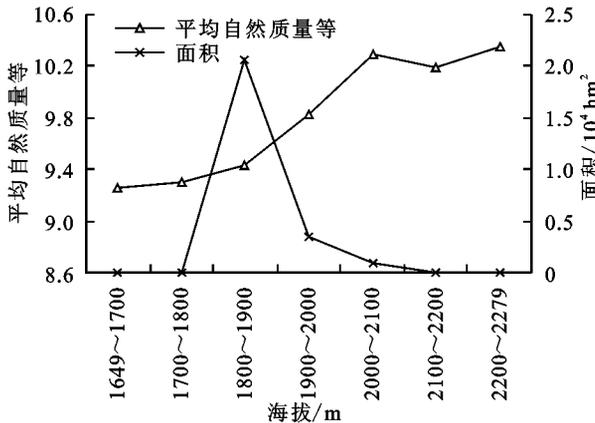


图2 不同海拔梯度水田面积及平均自然质量等变化特征分布

由图 2 可知, 水田平均自然质量等随着海拔梯度升高而呈现降低趋势, 但在海拔 2 100~2 200 m 有所回升。耕地面积随海拔梯度呈现偏态型分布。海拔介于 1 649~2 000 m, 水田平均自然质量等相对较高, 占水田总面积 96.2%。其中, 海拔介于 1 649~1 700 m, 平均自然质量等为 9.3 等, 占水田总面积 0.053%; 海拔介于 1 700~1 800 m, 平均自然质量等为 9.3 等, 占水田总面积 0.002%; 海拔介于 1 800~1 900 m, 平均自然质量等为 9.4 等, 占水田总面积 82.31%; 海拔介于 1 900~2 000 m, 平均自然质量等为 9.8 等, 占水田总面积 13.816%。

海拔介于 2 000~2 279 m, 水田平均自然质量等相对较低, 占水田总面积 3.8%。其中, 海拔介于 2 000~2 100 m, 平均自然质量等为 10.3 等, 占水田总面积 3.756%; 海拔介于 2 100~2 200 m, 平均自然质量等为 10.2 等, 占水田总面积 0.021%; 海拔介于 2 200~2 279

m, 平均自然质量等为 10.4 等, 占水田总面积 0.041%。

总体上, 海拔相对低的地区, 光、温、水、气资源丰富, 较适宜作物生长, 自然质量等总体较高; 相对来讲, 海拔高的地区, 地势起伏差异大, 耕地地块破碎, 光、温、水等自然资源不利于作物的生长, 生态系统相对脆弱, 易存在水土流失, 土质变劣, 跑水、跑土、跑肥现象, 加之人类对其进行不断扰动, 土质逐渐恶劣, 自然质量等总体偏低。在对土地进行利用过程中应合理归并零散地块增加有效耕地面积, 并注重增施有机肥增加土壤肥力进而提高耕地自然质量。

## 2.2 不同海拔水浇地自然质量等变化特征分析

陆良县水浇地涉及 1 081 个分等单元, 总面积 0.327 8 万  $\text{hm}^2$ , 海拔分布介于 1 824~2 417 m, 自然质量等最高为 9.3 等, 最低为 10.4 等。应用公式(1), 通过对每一分等单元耕地自然质量等进行面积加权得知, 水浇地平均自然质量等为 9.7 等。以海拔为  $x$  轴, 以自然质量等为  $y$  轴, 分析不同海拔水浇地自然质量等变化特征, 见图 3。

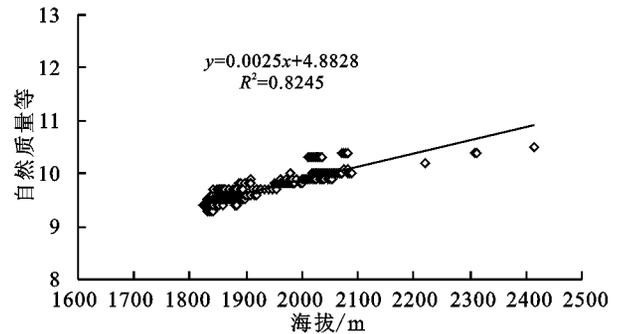


图3 不同海拔水浇地自然质量等变化特征

由图 3 可知, 水浇地自然质量等与海拔呈现线性关系, 相关系数  $R=0.908$ , 判定系数  $R^2=0.8245$ , 相关度为 90.8%。总体上, 水浇地自然质量等随着海拔的升高呈现降低趋势, 且局部区域同一海拔会呈现不同的自然质量等。

按海拔梯度划分 1 824~1 900 m, 1 900~2 000 m, 2 000~2 100 m, 2 100~2 200 m, 2 200~2 300 m 和 2 300~2 417 m, 并应用公式(1), 分析不同海拔梯度水浇地面积和平均自然质量等分布及变化特征, 见图 4。

由图 4 可知, 水浇地平均自然质量等随着海拔梯度升高而呈现降低趋势, 但在 2 100~2 200 m 出现断点。耕地面积随海拔梯度无明显分布特征。海拔介于 1 824~2 000 m 区域, 平均自然质量等相对偏高, 面积占水浇地总面积的 71.1%。其中, 海拔介于 1 824~1 900 m, 平均自然质量等为 9.5 等, 占水浇地总面积 60.16%; 海拔介于 1 900~2 000 m, 平均自然质量等为 9.8 等, 占水浇地总面积 10.95%。海拔介于 2 100~2 200 m 无水浇地分布。

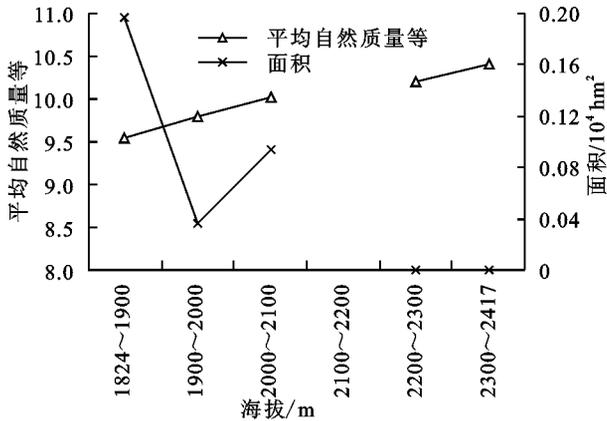


图 4 不同海拔梯度水浇地面积及平均自然质量等变化特征分布

海拔介于 2 000~2 100 m 与 2 200~2 417 m 区域平均自然质量等偏低,面积占水浇地总面积的 28.9%。其中,海拔介于 2 000~2 100 m,平均自然质量等为 10.0 等,占水浇地总面积 28.84%;海拔介于 2 200~2 300 m,平均自然质量等为 10.2 等,占水浇地总面积 0.03%;;海拔介于 2 300~2 417 m,平均自然质量等为 10.4 等,占水浇地总面积 0.02%;

结合陆良县土地利用现状图,水浇地零星分布于陆良县坝区和山丘区。海拔介于 1 824~2 000 m 区域主要零星分布与陆良县坝区,光、温、水等自然资源有利于作物生长,自然质量等相对高。海拔介于 2 000~2 100 m 与 2 200~2 417 m 的区域大部分分布于山丘区,地势差异明显,水低田高,水资源利用率低,且光、温、水等自然资源不利于作物的生长,生态系统相对脆弱,容易水土流失,自然质量等相对低。局部区域同一海拔耕地自然质量等不同。原因是同一海拔的不同区域,其土壤理化性质存在差异,进而使得耕地质量不同。对于陆良县水浇地,应实行坡改梯工程防治水土流失,完善其灌溉排水工程来保证作物需水,同时在人类利用耕地的过程中注重对土壤肥力的保持。

### 2.3 不同海拔旱地自然质量等变化特征分析

陆良县旱地涉及 17 956 个分等单元,总面积 4.836 1 万 hm<sup>2</sup>,海拔分布介于 1 640~2 626 m,自然质量等总体偏低,最高为 10.4 等,最低为 12.1 等。应用公式(1),通过对每一分等单元耕地自然质量等进行面积加权得知旱地平均自然质量等最低,为 11.0 等。以海拔为  $x$  轴,以自然质量等为  $y$  轴,分析不同海拔旱地自然质量等变化特征,见图 5。

由图 5 可知,旱地自然质量等与海拔呈现线性关系,相关系数  $R=0.946$ ,判定系数  $R^2=0.894$ ,相关度为 94.6%。总体上,旱地自然质量等存在随着海拔的升高而降低的趋势,且局部区域同一海拔会呈现不同的自然质量等。

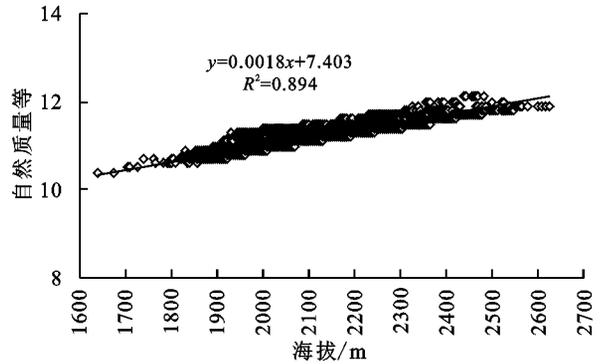


图 5 不同海拔旱地自然质量等变化特征

按海拔梯度划分 1 640~1 700 m,1 700~1 800 m,1 800~1 900 m,1 900~2 000 m,2 000~2 100 m,2 100~2 200 m,2 200~2 300 m,2 300~2 400 m,2 400~2 500 m 和 2 500~2 626 m,并应用公式(1),计算分析不同海拔梯度旱地面积和平均自然质量等分布及变化特征,见图 6。

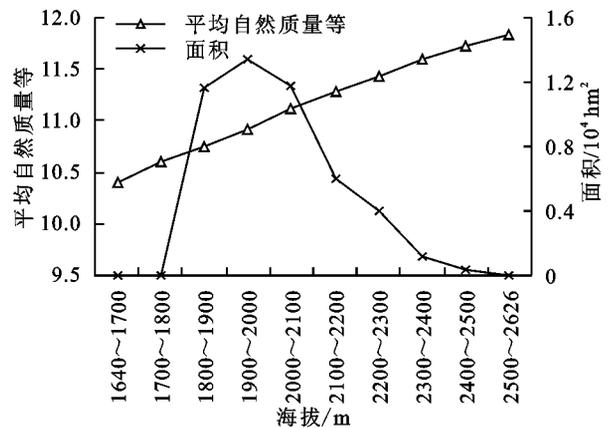


图 6 不同海拔梯度旱地面积及平均自然质量等变化特征分布

由图 6 可知,旱地平均自然质量等随着海拔梯度升高而呈现降低趋势,耕地面积随海拔梯度呈现偏态型分布。海拔介于 1 640~2 000 m,平均自然质量等相对较高,分布面积占旱地总面积 52%。其中,海拔介于 1 640~1 700 m,平均自然质量等 10.4 等,占旱地总面积 0.01%;海拔介于 1 700~1 800 m,平均自然质量等 10.6 等,占旱地总面积 0.01%,海拔介于 1 800~1 900 m,平均自然质量等 10.7 等,占旱地总面积 24.14%;海拔介于 1 900~2 000 m,平均自然质量等 10.9 等,占旱地总面积 27.85%。

海拔介于 2 000~2 626 m,平均自然质量等相对较低,分布面积占旱地总面积 48%。其中,海拔介于 2 000~2 100 m,平均自然质量等 11.1 等,占旱地总面积 24.32%;海拔介于 2 100~2 200 m,平均自然质量等 11.3 等,占旱地总面积 12.30%;海拔介于 2 200~2 300 m,平均自然质量等 11.4 等,占旱地总面积 8.30%;海拔介于 2 300~2 400 m,平均自然质量等 11.6 等,占旱地总面积 2.31%。海拔介于 2 400~2 500 m,平均自然质量等 11.7 等,占旱

地总面积 0.65%;海拔介于 2 500~2 626 m,平均自然质量等 11.8 等,占旱地总面积 0.11%。

结合陆良县土地利用现状图,旱地分布在山丘区域。旱地自然质量等相对高的旱地分布在海拔较低山丘区域,地势起伏差异小,但这些区域仍存在自然条件方面的限制因素和人类活动对耕地质量负面影响的情况。与之相对,自然质量等较低的旱地主要分布在陆良县海拔较高的山丘区域,地势起伏差异大,耕地零星分散,无灌溉设施,排水条件基本健全,水低田高,水资源利用率低,且光、温、水等自然资源不利于作物的生长,生态系统相对脆弱,容易水土流失,在人类对其进行不断扰动的过程中,土质逐渐恶劣,耕地质量不高,使得区域旱地自然质量等偏低。局部区域同一海拔自然质量等存在差异。原因是同一海拔的不同区域,其土壤质地、土壤有机质含量、土壤 pH 值等差异明显,进而使得耕地质量不同。对于陆良县旱地应通过规划设计并实施适宜的土地整治工程来提高耕地的质量,实行坡改梯工程防治水土流失,通过人工措施提高土壤肥力。

### 3 结论与讨论

(1) 总体上,陆良县水田、水浇地、旱地耕地自然质量等均与海拔变化呈现线性相关关系,且均随海拔的升高而呈现降低趋势。通过面积加权,水田平均自然质量等最高,为 9.5 等,且耕地面积随海拔梯度升高呈现偏态型分布;水浇地次之,为 9.7 等,耕地面积随海拔梯度变化无明显分布特征;旱地最低,为 11.0 等,且耕地面积随海拔梯度升高呈现偏态型分布。

(2) 海拔低于 2 000 m 区域三者平均自然质量等均相对较高,为 9.3~10.9 等,且耕地分布面积较大;海拔高于 2 000 m 区域三者平均自然质量等均相对较低,为 10.0~11.8 等,且耕地分布面积较小。

该研究突破点在于研究尺度为县域尺度,研究内容涉及三个耕地类型,研究结果与已有省级尺度研究结果变化趋势一致,但由于研究尺度变小,研究对象具体到三个类型耕地,本文研究结果水田、水浇地和旱地自然质量等随海拔变化的相关性不同。云南省第一轮《农用地分等规程》中分等因素未纳入且未体现海拔因素,该研究为完善农用地分等理论研究工作做基础,但未能深入探明海拔与耕地自然质量等变化之间的影响机理。此外,耕地自然质量等是土地这一复杂的自然经济综合体在多种影响因素共同作用下的体现,因此,今后应更多研究其他因素与耕地自然质量等的影响关系,进而完善农用地分等理论研究工作。

### 参考文献:

- [1] 封志明. 中国未来人口发展的粮食安全与耕地保障[J]. 人口研究, 2007, 31(2): 15-29.
- [2] 陈印军, 肖碧林, 方琳娜, 等. 中国耕地质量状况分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(17): 3557-3564.
- [3] 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.
- [4] 张凤荣, 郑文聚, 胡存志. 《农用地分等规程》的几个理论问题及应用方向[J]. 资源科学, 2005, 27(2): 33-38.
- [5] 王波. 滇南中山宽谷区农用地自然质量等空间分布规律研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2008.
- [6] 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.
- [7] 魏洪斌, 吴克宁, 赵华甫, 等. 中国中部粮食主产区耕地等别空间分布特征[J]. 资源科学, 2015, 37(8): 1552-1560.
- [8] 施冰臣, 文杰, 李建华, 等. 云南省澜沧江流域耕地自然质量等空间分布特征研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(2): 696-699.
- [9] 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.
- [10] 王会, 韩璐, 周德, 等. 农用地质量空间分布规律研究: 以辽宁省凌源市为例[J]. 中国农学通报, 2009, 25(4): 246-251.
- [11] 张晓燕, 张利, 陈影, 等. 河北省农用地质量空间格局的计量地理分析[J]. 水土保持研究, 2010, 17(1): 101-106.
- [12] 张川, 廖晓虹, 王敬, 等. 基于农用地质量动态监测的耕地自然质量变化分析[J]. 国土与自然资源研究, 2013, (2): 8-11.
- [13] 余建新, 魏巍, 廖晓虹, 等. 土地整治项目区农用地质量分等方法的修正[J]. 农业工程学报, 2013, 29(10): 234-240.
- [14] 孔祥斌, 林晶, 王健, 等. 产量比系数对农用地分等的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 237-243.
- [15] 向武, 周卫军, 肖彦资, 等. 县域耕地地力与农用地自然质量等级差异及关联性研究[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(7): 821-827.
- [16] 中华人民共和国国土资源部. 农用地质量分等规程[S]. GB/T 28407—2012.
- [17] 邹玥, 樊毅, 郑宏刚, 等. 海拔因子对农用地自然质量等指数影响研究[J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(2): 274-277.
- [18] 廖丽君, 魏巍, 刘淑霞, 等. 陆良县农用地分等数据库与二调数据库整合方法研究[J]. 中国土地科学, 2014, 28(6): 84-90.
- [19] 廖丽君, 魏巍, 郑宏刚, 等. 县级农用地质量分等成果年度更新方法研究[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(1): 56-62.
- [20] 郭洪峰, 韩蕾, 许月卿, 等. 云南省陆良县耕地等级变化及其影响因素研究[J]. 资源科学, 2014, 36(10): 2075-2083.