

基于 GIS 的新和县耕地质量与立地条件综合评价研究

欧阳雪^{1,2}, 张永福^{1,2*}

(1. 新疆大学资源与环境科学学院, 新疆乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830046)

摘要 以阿克苏地区新和县为例, 基于 ArcGIS 和 SPSS 软件, 对影响新和县耕地综合质量的所有评价单元进行空间属性赋值。采用了特尔斐法及文献阅读法来赋值影响新和县耕地综合质量各评价因素的权重。通过回归分析法, 建立了耕地减少率与距离因素的 4 种关系模型, 进一步分析了新和县各区位因素、各乡镇(镇)耕地立地条件的优劣状况。在 LESA 计算方法下, 定性与定量相结合地分析了新和县耕地利用的社会经济条件以及耕地自然质量优劣。最后, 根据计算值, 将新和县耕地分为 4 个等级, 3 种类型。

关键词 耕地质量; 立地条件; 基本农田

中图分类号 F323.211 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)23-0071-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.23.023

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Comprehensive Evaluation of Cultivated Land Quality and Site Conditions in Xinhe County Based on GIS

OUYANG Xue^{1,2}, ZHANG Yong-fu^{1,2} (1. College of Resources and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046; 2. Key Laboratory of Oasis Ecology under Ministry of Education, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046)

Abstract Taking Xinhe County in Aksu area as an example, we evaluated the spatial attributes of all evaluation units affecting the comprehensive quality of cultivated land in Xinhe County based on ArcGIS and SPSS software. Delphi method and literature reading method were used to assign the weight of each evaluation factor affecting the comprehensive quality of cultivated land in Xinhe County. By means of regression analysis, four relationship models of cultivated land reduction rate and distance factors were established, and the advantages and disadvantages of cultivated land site conditions in Xinhe County and each township (town) were further analyzed. Under the LESA calculation method, the social and economic conditions and natural quality of cultivated land in Xinhe County were analyzed qualitatively and quantitatively. Finally, according to the calculated value, Xinhe County farmland was divided into four grades and three types.

Key words Cultivated land quality; Site conditions; Basic farmland

随着城市化的深入发展, 人民生活水平和社会经济水平提高, 秉承着“天上看, 地上查, 网上管”的要求, 在国土领域, 遥感和地理信息系统等新兴技术有了很大的提升和改进, 它们在相关产业中的应用也越来越广泛^[1]。近年来, 相关部门出台了一系列有关划定基本农田以及保护基本农田的政策文件、法律法规, 这表明国家对这项工作的重视和认可。

基本农田划定工作中, 学者们主要考量的因素包括县域内人口对农产品的需求, 以及未来数年内县域内社会经济发展所能带动的建设用地以及占耕地的数量^[2]。地区或地州将国家下发的总指标分解到各个县市, 再由各个县市依据自己拟定的未来发展方向及重点发展项目的要求, 上级“十三五”规划中对县市的定位来确定未来县域内基本农田的空间分布位置^[3]。综上所述, 对基本农田的位置进行合理的划定, 保护耕地集中连片分布模式不改变, 保障农产品的稳定生产力是国土工作者的一项重要任务。这也是保障当地粮食安全生产, 保证粮食产量的一项重要举措, 对于维护社会经济稳定持续发展也有着重要意义。

在研究影响基本农田划定的因素中, 大多数学者偏重于探究耕地的自然条件对基本农田位置划定的影响而忽略社会经济发展水平对农田划定的影响。然而事实表明, 不论是耕地的自然质量还是区域内的社会经济因素, 它们都共同决

定着县域内基本农田布局的稳定性及合理性^[3]。

该研究立足于耕地自然质量和区位立地条件 2 个标准对其进行综合评价, 深入探讨耕地质量和区位条件变化对农田位置划定的影响。使得在未来的经济发展中, 基本农田布局能持续稳定集中连片分布, 使其产生最大的经济效益与社会效益。

1 研究区及数据来源

1.1 研究区概况 新和县位于新疆维吾尔自治区西部, 阿克苏地区东部。东隔渭干河与库车相望, 北隔却勒塔格山与新和县相邻, 南部连沙雅县英买力乡、二牧场, 西与阿克苏市、温宿县毗邻。根据第二次农村土地调查 2014 年统一时点变更数据转规划分类数据统计的结果, 2014 年新和县辖区总面积为 582 046.09 hm², 其中农用地面积为 212 514.51 hm², 占土地总面积的 36.51%, 建设用地面积为 9 747.42 hm², 占土地总面积的 1.67%, 其他土地面积为 359 784.16 hm², 占土地总面积的 61.81%。

1.2 数据来源与处理 该研究采用的数据包括新和县 1:5 万数字高程模型(DEM 30 m 分辨率); 新和县社会经济年鉴数据、地质灾害分布图; 2014 年新和县土地利用现状数据库(包括农村居民点分布情况、河流分布情况、交通道路分布情况、农村道路分布、耕地分布及连片度情况、工商业用地及城镇中心布局等分布数据)、1:5 万新和县土壤图, 包含土壤有机质含量, 土层厚度等。利用 ArcGIS 软件建立统一的空间投影系统, 并栅格化为 20 m×20 m。

1.3 评价单元 该研究在 2014 年新和县土地利用现状图的基础上叠置最新的土地变更数据以及土壤质量等级分布图和

基金项目 新和县永久基本农田划定和新和县城市周边基本农田划定项目。

作者简介 欧阳雪(1993—), 女, 重庆人, 硕士研究生, 研究方向: 国土资源信息技术。* 通信作者, 副教授, 硕士生导师, 从事国土资源评价研究。

收稿日期 2019-04-24; **修回日期** 2019-05-07

行政区界线图,将新和县耕地划分出 17 358 个评价单元。

2 研究方法

2.1 指标选取赋值及权重的确定 为了客观地评价影响耕地质量的多个因素,该研究在国内学者构建的基本农田划定指标体系的基础上,参考了美国的 LESA 体系,参照 2014 年新和县农用地分等定级成果,对耕地质量和立地条件分别进行评价,在此基础上,构建适合新和县的县域永久基本农田划定指标体系^[4]。该研究根据新和县的实际情况,选取了反映自然质量条件和基础设施条件的 8 个 LE 指标;反映区位条件、耕作条件和政策条件的 8 个 SA 指标。并采用特尔斐法及文献阅读法来确定指标权重。

2.2 耕地综合质量评价体系

2.2.1 耕地自然质量 (LE) 评价。利用综合指数模型计算

LE 分值,公式为:

$$LE_{ij} = \sum_{j=1}^n W_{ij} f_{ij}$$

式中,LE_{ij} 为耕地质量指标中第 i 个评价单元第 j 个指标的总评价分值;W_{ij} 为第 i 个评价单元第 j 个指标评价因子的权重;f_{ij} 为第 i 个评价单元第 j 个指标的分值^[5]。

参考《新和县农用地分等成果技术报告》,选择地形坡度、土壤质地、土壤有机质含量、有效土层厚度等指标,建立耕地质量评价指标体系,见表 1。表 1 中,E_i 为评价单元因子实际值;E_{min} 为评价单元因子最小值;E_{max} 为评价单元因子最大值;f_i 为因子 i 的作用分值;S 为面积;L 为长度。

2.2.2 耕地立地条件 (SA) 因素。利用综合指数模型计算 SA 分值^[16],公式如下:

表 1 耕地质量评价指标体系
Table 1 Index system of land evaluation

目标层 Target layer	准则层 Criteria layer	指标层 Indicator layer	计算方法 Calculation method	赋值标准 Assignment criteria	指标权重 Index weight
LE(耕地质量)	自然质量条件	坡度	农用地分等成果	直接赋值	0.14
		土壤质地	农用地分等成果	直接赋值	0.11
		土壤有机质含量	农用地分等成果	直接赋值	0.10
		有效土层厚度	农用地分等成果	直接赋值	0.14
		灌溉保证率	农用地分等成果	直接赋值	0.15
	基础设施条件	水利基础设施	农用地分等成果	直接赋值	0.09
		道路网密度	$E=L/S$	$f_i=100(E_i-E_{min})/(E_{max}-E_{min})$	0.16
		林网密度	$E=L/S$	$f_i=100(E_i-E_{min})/(E_{max}-E_{min})$	0.10

$$SA_{ij} = \sum_{j=1}^n W_{ij} f_{ij}$$

式中,SA_{ij} 为立地条件指标中第 i 个评价单元第 j 个指标的总评价分值;W_{ij} 为第 i 个评价单元第 j 个指标评价因子的权重;f_{ij} 为第 i 个评价单元第 j 个指标的分值^[7]。

影响评价耕地立地条件的因素主要包括中心城镇因素、农村居名点分布条件、道路分布、河流水系因素等^[8-10]。具体如表 2 所示。中心城镇因素带来的有利作用主要体现在方便对农作物进行种植、管理。道路分布情况可以清楚地反

映耕作区交通通达程度,离道路越近的耕作区,其农产品和生产资料的运输效率越高,对于农民来说,耕作距离越短,农民的生产效率越高,生产积极性也越高^[11]。但另一方面,由于便利的交通条件,大多数建设用地选址都会选择靠近道路的两侧,这导致道路附近的耕作区极易被占用。河流水系分布可以反映耕作区灌排条件的情况好坏,靠近河流的地方,获取水源越是容易,这也更利于农作物生长,提高农作物的产量。

表 2 立地条件评价指标体系
Table 2 Index system of site assessment

目标层 Target layer	准则层 Criteria layer	指标层 Indicator layer	计算方法 Calculation method	赋值标准 Assignment criteria	指标权重 Index weight
SA(立地条件)	区位条件	耕地到交通主干道距离	GIS 缓冲区	$Y=aX^b$	0.11
		耕地到河流水系距离	GIS 缓冲区	$Y=aX^b$	0.12
		耕地到中心城镇距离	GIS 缓冲区	$Y=aX^b$	0.13
		农村居民点	GIS 缓冲区	$Y=aX^b$	0.10
	耕作条件	连片性	GIS 缓冲区	$f_i=100(E_i-E_{min})/(E_{max}-E_{min})$	0.11
		破碎度	$E_i=(Nt-1)/N_c$	$f_i=101(E_i-E_{min})/(E_{max}-E_{min})$	0.20
		耕地斑块形状指数	$E_{Si}=\sqrt[4]{S_i}/L_i$	$f_i=102(E_i-E_{min})/(E_{max}-E_{min})$	0.14
	政策条件	是否曾被划定为基本农田	土地利用总体规划数据	经验赋值	0.09

(1) 该研究量化了耕地减少速率与区位因素距离关系模型,参照测算出的耕地减少速率与各区位因子之间的拟合关

系,来确定各区位因素影响耕地的风险距离。模型表达式如下:

$$Y=aX^b$$

式中, X 为耕地到各个区位因素的距离; Y 为在该区位因子影响下耕地的减少速率。

(2) 该研究借助 ArcGIS 软件中的 near 工具,分别计算耕地单元到不同区位因子的距离,通过 ArcGIS,以不同的区位因子为中心,以 100 m 为缓冲距离建缓冲区,接着计算各个缓冲区内减少耕地面积与该缓冲区内耕地面积的比值^[12-14]。

(3) 利用 SPSS 19.0 软件建立各区位因素影响下的耕地被占速率与各区位因素影响距离的关系模型。

2.3 耕地质量适宜性评价 新和县耕地质量适宜性评价指标体系及权重见表 3。

(1) 将 LE 与 SA 的权重系数 a 与 b 按照标准粮产量法进行无量纲的归一化处理,把指标数据压缩到 0~1,以 0.1 为间隔逐一取值,公式如下:

$$x^*=(x-\min)/(\max-\min)$$

式中,max 为样本数据的最大值;min 为样本数据的最小值;

x^* 为变量 x 归一化处理后的值。

(2) 计算得出不同权重系数下的 LESA 综合分值,运用 SPSS 19.0 软件,计算综合分值与标准粮产量的相关系数,取相关系数最大值,来确定 LE 与 SA 之间的最佳权重系数^[15]。计算公式如下:

$$LESA=aLE_{ij}+bSA_{ij}(a+b=1)$$

(3) 采用多因素加权求和模型,耦合耕地自然质量、立地条件的计算结果对每个斑块适宜性进行综合分值计算。公式如下:

$$\phi_i=\sum_{j=1}^nW_ja_{ij}/n$$

式中, ϕ_i 为加权平均值; a_{ij} 为指标值; W_j 为指标权重; i 为试验次数, $i=1,2,\cdots,n$; n 为指标数。

(4) 根据计算分值分等定级:80~90 分为优质耕地(一、二级地)、65~80 分为中等耕地(三级地)、50~65 分为低等耕地(四级地),根据分值的高低基本农田耕地质量分等图。

表 3 新和县耕地质量适宜性评价指标体系及指标权重
Table 3 Quality of cultivated land suitability evaluation index system and index weight in Xinhe County

准则层 Criteria layer	评价指标 Evaluation index	权重 Weight	分值 Score							
			20	40	50	60	70	80	90	100
自然质量	坡度/°	0.12	>15		>8~15		>5~8		2~5	<2
Natural quality	土壤有机质含量/%	0.13	1	>1~2		>2~3		>3~4		>4
	土壤质地	0.12		砾质土		砂土		黏土		壤土
	土层厚度//m	0.11					60~100		>100~150	>150
	土壤 pH	0.12	>9.5	<4.5 或 9.0~9.5	4.5~4.9		5.0~5.4 或 8.5~8.9		5.5~5.9 或 7.9~8.4	6.0~7.8
	水利基础设施	0.12					一般满足		基本满足	
	盐渍化程度	0.13	重度			中度		轻度		无
	地质灾害	0.15	极易			中易				非易
	区位条件	耕地到城镇中心的距离//km	0.30				>18~21	>15~18	>12~15	6~12
Geographic conditions	耕地到农村居民点的距离//km	0.30				>9~11	>7~9	>5~7	3~5	<3
	耕地到主干道的距离///km	0.40				>9~11	>7~9	>5~7	3~5	<3
空间形态	田块的规整度	0.50	>1.5	>1.1~1.5			>1.06~1.1		1.02~1.06	<1.02
Space form	连片度//hm ²	0.50		10~20		>20~60			>60~80	>80

3 结果与分析

3.1 耕地综合质量评价

3.1.1 耕地自然质量评价。根据 LE 值的测算结果,如图 1 显示:

(1) 在新和镇飞地及塔木托格拉克乡以西分布区,该区由于较好的地理位置环境受区位因素及土壤质地影响较大,耕地的有机质含量高和有效土层厚度较厚;土壤盐渍化程度较轻,自然灾害发生次数少;耕地面积大且呈现集中连片分布状态,对当地来说是良好的大片耕作区选择。

(2) 在桑塔木农场、玉奇喀特乡东部和塔木托格拉克乡北部分布区内的耕地综合质量较优,土壤的有机质含量较高,有效土层厚度为中等水平。土壤盐渍化程度较轻,耕地斑块分布较为集中。

(3) 中心城区范围内的耕地土壤有机质含量和有效土层厚度较低,土壤盐渍化程度比较严重,土壤质量较差,整体耕地的空间结构呈现出零星式分布状态,农业综合生产产量

低,对于居民来说非常不便于日常耕作且很难将当地农业生产推向机械式、大规模、集中式发展。总的来说不适宜进行耕种。

3.1.2 耕地立地条件评价。耕地被占速率与各区位因素影响距离的关系模型见图 2。回归分析拟合结果显示:

(1) 4 个模型中,都存在着耕地面积减少速率随着耕地到各评价因素距离的增大不断下降的一般趋势,其中在中心城区与农村居民点因素 2 个模型中耕地面积下降速率更快,这表明城市化推进中,中心城区与居民点的不断拓建直接影响着耕地的数量和空间布局情况。

(2) 在道路和中心城区模型中,距离到达一定拐点处后(此拐点对应的距离为风险距离),耕地减少速率较为缓慢,耕地面积基本不随距离变化而减少,这表明该区域受来自城镇和道路的扩张影响较小,被占用的可能性较小,耕地数量基本保持稳定。

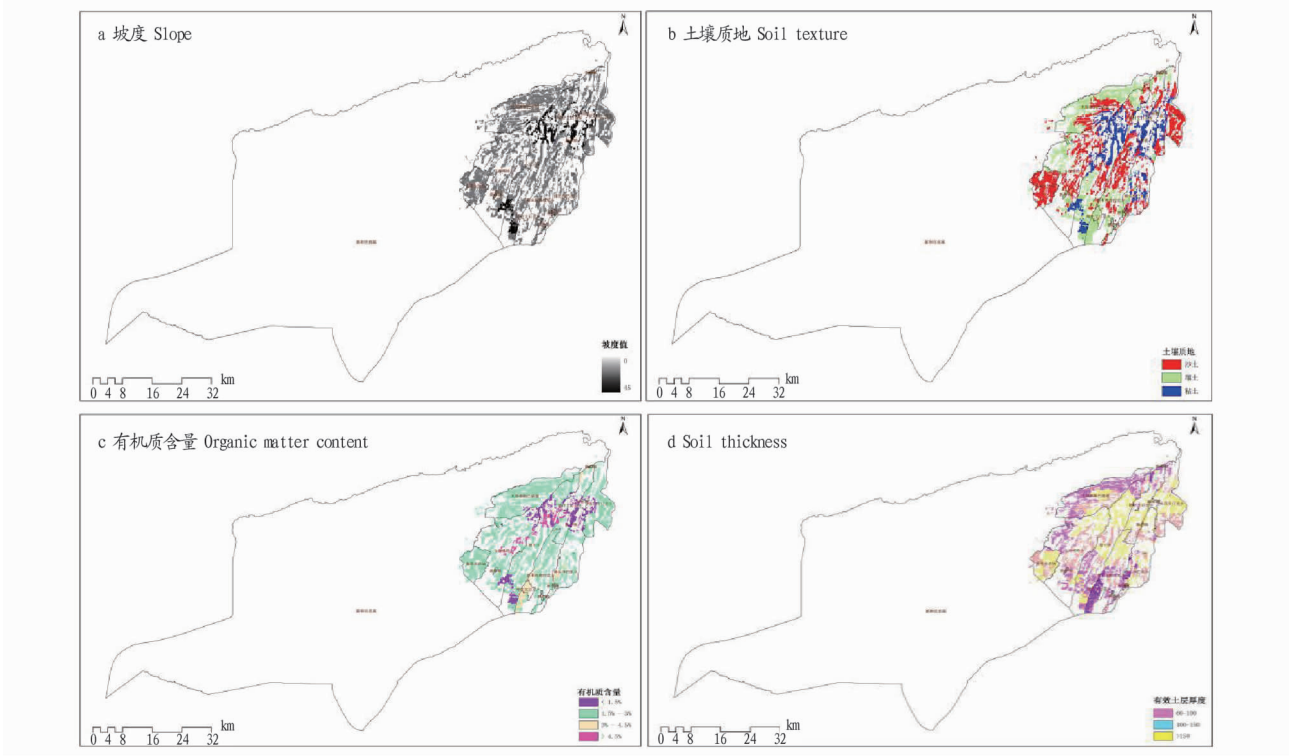


图1 新和县耕地自然质量评价各项指标量化结果

Fig.1 Farmland natural quality evaluation of each index quantitative results

(3)在河流水系模型中,随着距离的增大,耕地减少速率主要呈上升状态,最后趋于平缓。这表明该区域内,受河流

水系的影响,耕地离河流水系越近,耕地减少的速率越快。

(4)耕地被占速率与距离关系模型见表4。

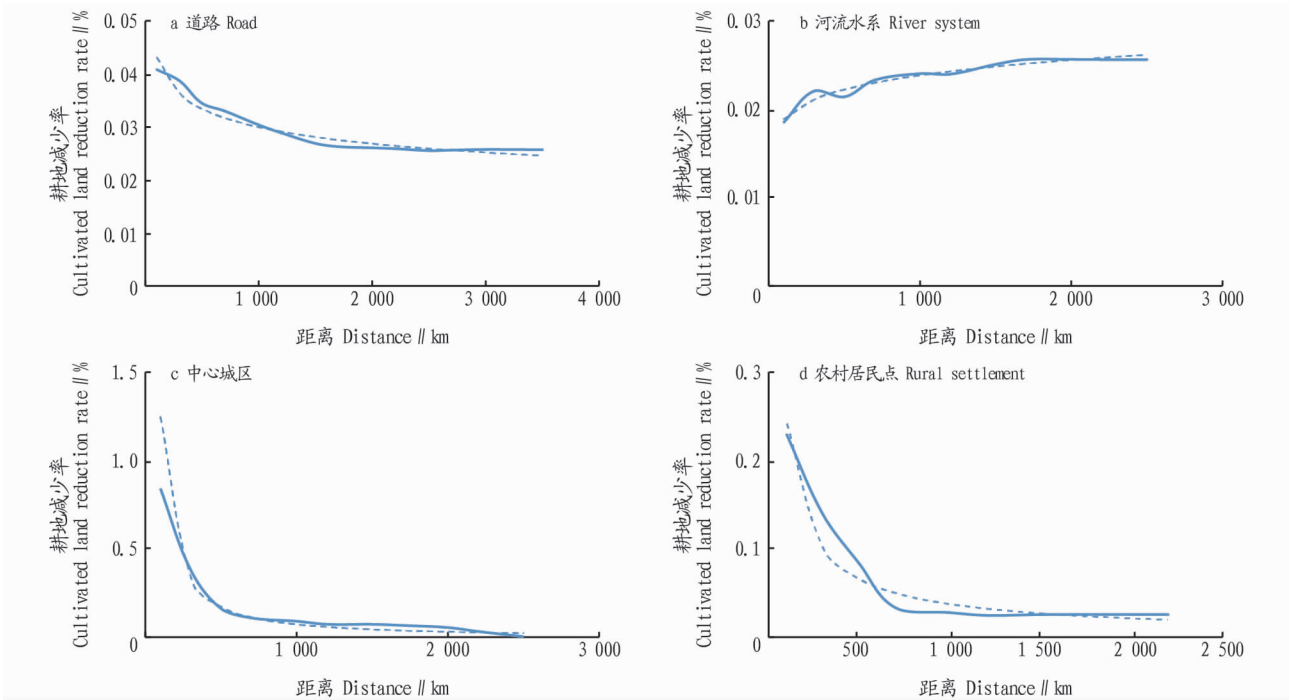


图2 新和县耕地减少率与区位因子距离拟合关系

Fig.2 The fitting relationship between farmland occupied rate and location

3.2 耕地适宜性评价

(1)根据 LESA 综合分值计算结果,将新和县耕地等级分为4个等级区,其中一、二级优先划入建设区,三级区重点划入建设区,四级区可以作为有条件划入建设区(表5)。

(2)据加权指数法^[15-16],得到的新和县耕地综合质量分值为51.5~80.3分,该研究采用自然断裂法(nature breaks)将新和县耕地质量划分为优质地(10等)、中等地(11等)、低等地(12等),见图3、4^[17],见图3、4。其中优等地面积为

21 494.43 hm², 占总面积的 42.84%, 中等地面积为 22 985.91 hm², 占耕地总面积的 45.81%, 低等地面积为 5 699.79 hm²。占耕地总面积的 11.36%。

表 4 新和县耕地被占速率与距离关系模型

风险因子 Risk factor	模型 Model	拟合性 Fitting
中心城区 Central city	$Y_1 = 0.089 5x^{-0.158}$	$R^2 = 0.95$
重点城镇 Key town	$Y_2 = 0.011 8x^{0.101 4}$	$R^2 = 0.95$
一般城镇 General town	$Y_3 = 0.089 5x^{-1.237}$	$R^2 = 0.74$
道路 Road	$Y_4 = 0.089 5x^{-0.812}$	$R^2 = 0.90$

表 5 新和县耕地等级分区

级别 Level	评价单元数 Number of evaluation units//个	个数比例 Number ratio//%	耕地面积 Cultivated land area hm ²	面积所 占比例 Area ratio %
一级 Level 1	1 666	9.60	4 830.84	9.63
二级 Level 2	5 769	33.24	16 663.59	33.21
三级 Level 3	7 946	45.78	22 985.91	45.81
四级 Level 4	1 977	11.39	5 699.79	11.36

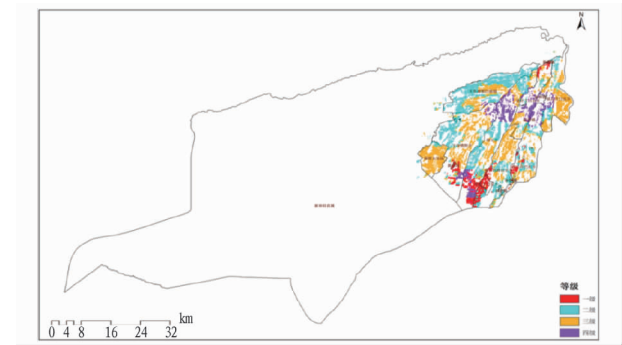


图 3 新和县耕地综合评价分布

Fig.3 Comprehensive evaluation distribution map of cultivated land in Xinhe County

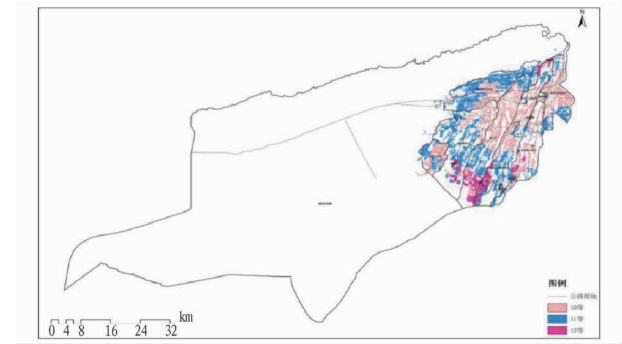


图 4 新和县耕地国家自然等分布

Fig.4 Natural distribution of cultivated land countries in Xinhe County

4 结论

(1) 该研究以新和县耕地综合质量作为基本农田划定的评价标准, 从自然质量和区位条件中选取相应指标, 基于 ArcGIS 软件建立耕地综合适宜性评价体系。根据耕地综合适宜度将耕地划分为 4 个等级区: 一级、二级、三级区耕地质

量高。优质地中一级区内耕地面积为 4 830.84 hm², 占区域耕地总面积的 9.63%, 耕地地块数为 1 666 块。位于新和镇飞地及塔木托格拉克乡以西, 该区内受区位因素及土壤质地影响较大, 耕地的有机质含量和有效土层厚度较高。在新和县耕地质量条件差异较小的条件下, 可优先将该区域的优质耕地划为永久基本农田。

(2) 优质地中二级区内耕地面积为 16 663.59 hm², 占耕地总面积的 33.21%, 地块数为 5 769 块, 占地块的 33.24%。该区域耕地的区位优势随着距离增加逐级递减, 整体上看受中心城区的影响较小, 可通过人为改造后划入为基本农田。一级、二级区为优先调入耕地, 分布较为集中紧凑, 土壤肥沃, 农业生产效率高, 区位条件优越, 连片度高适宜农业产业化发展, 今后可作为划定永久基本农田对象。该耕地主要分布在新和镇飞地范围、塔木托格拉克乡西南部。

(3) 中等地三级区内耕地面积为 22 985.91 hm², 占全区总面积的 45.81%, 地块数为 7 946 块。该区域耕地立地条件区位优势不明显, 受农村居民点区位影响较大, 可以通过人为改善措施, 完善水利基础设施, 铺设渠排管道, 扩大电网分布, 以此来提高耕地的综合质量。该区域耕地主要分布在桑塔木农场、玉奇喀特乡东部和塔木托格拉克乡北部, 耕地综合质量较优, 但分布零散, 可以作为划定基本农田重要补充对象。

(4) 低等地四级区耕地面积为 5 699.79 hm², 占耕地总面积的 11.36%, 地块数为 1 977。四级区为耕地质量差并且主要分布在中心城区范围内。由于受城区发展因素的影响如交通、区位条件和城区建筑布局等, 耕地呈零星式分散分布, 产量低综合, 评价结果较低。建议该区域进行退耕还林还草工作, 合理布局, 进行生态文明建设。

(5) LESA 的综合性丰富了耕地入选基本农田的理论体系^[6]。该研究以新和县县域内永久性基本农田划定为例, 得到耕地质量及区位综合评价结果。但永久性基本农田的划定工作是一项复杂又长期的工作, 由于数据获取的难度, 无法对一些因素做量化分析, 如居民意愿、政策因素等^[18]。这将是下一步研究基本农田问题的突破性问

参考文献

[1] 边振兴, 杨子娇, 钱凤魁, 等. 基于 LESA 体系的高标准基本农田建设时序研究[J]. 自然资源学报, 2016, 31(3): 436-446.
[2] 钱凤魁, 王秋兵. 基于农用地分等和 LESA 方法的基本农田划定[J]. 水土保持研究, 2011, 18(2): 251-255.
[3] 张建生, 王穗, 张川, 等. 基于农用地分等成果的中低产田划分研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2010, 25(4): 556-561.
[4] 袁枫朝, 严金明, 燕新程. GIS 支持下的大都市郊区基本农田空间优化[J]. 农业工程学报, 2008, 24(S1): 61-65.
[5] 郑新奇, 杨树佳, 象伟宁, 等. 基于农用地分等的基本农田保护空间规划方法研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 66-71.
[6] 周尚意, 朱阿兴, 邱维理, 等. 基于 GIS 的农用地连片性分析及其在基本农田保护规划中的应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 72-77.
[7] 汤思阳, 雷国平, 张慧, 等. 基于耕地质量评价的基本农田划定方法[J]. 水土保持研究, 2013, 20(1): 173-176, 181.

异,除悬浮质浓度在湖心区最高外,总体上各水质指标浓度表现为河口区>梅梁湾>湖心区。3个湖区影响水质的主要因子存在空间差异。其中,梅梁湾和湖心区有一定相似性,其影响水质的最主要因子都与磷元素、Chl-a 和 COD_{Mn} 有关;但同时,梅梁湾中氮素也有重要影响,而湖心区中 SS 具有重要影响。河口区与梅梁湾、湖心区有较大差异,其影响水质的最主要因子与 TN 、 NH_4^+-N 和水温有关。

(2)水温与3个湖区综合营养状态指数均存在极显著相关,但具有区位差异。在梅梁湾和河口区,随着水温的升高,富营养化程度加剧;而在湖心区,富营养化程度会随着水温的升高有所缓解。

(3)随着水温的升高,氮素在各湖区的营养负荷都有所降低。总体来说,水温与湖泊富营养化存在显著相关,但对不同指标及不同湖区间的影响存在差异。

参考文献

- [1] MALMAEUS J M, BLENCKNER T, MARKENSTEN H, et al. Lake phosphorus dynamics and climate warming: A mechanistic model approach[J]. Ecological modelling, 2006, 190(1/2): 1-14.
- [2] BACHMANN R W, HORSBURGH C A, HOYER M V, et al. Relations between trophic state indicators and plant biomass in Florida lakes[J]. Hydrobiologia, 2002, 470(1): 219-234.
- [3] WITHERS P J A, JARVIE H P. Delivery and cycling of phosphorus in rivers: A review[J]. Science of the total environment, 2008, 400(1): 379-395.
- [4] STANFORD G, DZIENIA S, VANDER POL R A. Effect of temperature on denitrification rate in soils[J]. Soil science society of America journal, 1975, 39(5): 867-870.
- [5] MARTIN T L, KAUSHIK N K, TREVORS T J, et al. Review: Denitrification
- [8] 周明,王占岐.基于耕地质量和空间聚类的县域基本农田划定:以湖北省团风县为例[J].水土保持研究,2016,23(5):316-321.
- [9] 贾旭飞,孟超,刘晨.河北省宁晋县高标准基本农田建设布局研究[J].水土保持研究,2017,24(4):145-151.
- [10] 樊阆.中国土地整理事业发展的回顾与展望[J].农业工程学报,2006,22(10):246-251.
- [11] CAI W M, YAN H Y, SHI Y. Research of the basic farmland delimitation based on fuzzy decision making model[J]. Advances in management of technology, 2010, 17(1): 198-203.
- [12] 张凤荣,徐艳,安萍莉,等.农用地分等成果在土地利用总体规划中的应用探讨[J].中国土地科学,2006,20(6):21-25.
- [13] 国务院.基本农田保护条例[J].中华人民共和国国务院公报,1998

in temperate climate riparian zones[J]. Water, air and soil pollution, 1999, 111(1/2/3/4): 171-186.

- [6] 秦伯强,高光,朱广伟,等.湖泊富营养化及其生态系统响应[J].科学通报,2013,58(10):855-864.
- [7] 谭啸,孔繁翔,于洋,等.升温过程对藻类复苏和群落演替的影响[J].中国环境科学,2009,29(6):578-582.
- [8] 孔繁翔,高光.大型浅水富营养化湖泊中蓝藻水华形成机理的思考[J].生态学报,2005,25(3):589-595.
- [9] CHEN Y W, FAN C X, TEUBNER K, et al. Changes of nutrients and phytoplankton chlorophyll- α in a large shallow lake, Taihu, China: An 8-year investigation[J]. Hydrobiologia, 2003, 506(1/2/3): 273-279.
- [10] 陈宇伟,秦伯强,高锡云.太湖梅梁湾藻类及相关环境因子逐步回归统计和蓝藻水华的初步预测[J].湖泊科学,2001,13(1):63-71.
- [11] 王明翠,刘雪芹,张建辉.湖泊富营养化评价方法及分级标准[J].中国环境监测,2002,18(5):47-49.
- [12] 朱广伟.太湖水质的时空分异特征及其与水华的关系[J].长江流域资源与环境,2009,18(5):439-445.
- [13] 陈小锋,揣小明,曾巾,等.太湖氮素出入湖通量与自净能力研究[J].环境科学,2012,33(7):2309-2314.
- [14] 曾庆慧,秦丽欢,程鹏,等.1990年以来北京密云水库主要水环境因子时空分布特征[J].湖泊科学,2016,28(6):1204-1216.
- [15] KARLSSON-ELFGREN I, BRUNBERG A K. The importance of shallow sediments in the recruitment of *Anabaena* and *Aphanizomenon* (Cyanophyceae) [J]. Journal of phycology, 2004, 40(5): 831-836.
- [16] CAO H S, TAO Y, KONG F X, et al. Relationship between temperature and cyanobacterial recruitment from sediments in laboratory and field studies[J]. Journal of freshwater ecology, 2008, 23(3): 405-412.
- [17] XU H, PAERL H W, QIN B Q, et al. Nitrogen and phosphorus inputs control phytoplankton growth in eutrophic Lake Taihu, China [J]. Limnology and oceanography, 2010, 55(1): 420-432.
- [18] MCCARTHY M J, LAVRENTYEV P J, YANG L Y, et al. Nitrogen dynamics and microbial food web structure during a summer cyanobacterial bloom in a subtropical, shallow, well-mixed, eutrophic lake (Lake Taihu, China) [J]. Hydrobiologia, 2007, 581(1): 195-207.
- (34): 1279-1284.
- [14] 彭茹燕,张蕾娜,程锋,等.农用地分等成果在土地利用总体规划中的应用探讨[J].资源与产业,2006,8(5):20-23.
- [15] 任艳敏,唐秀美,刘玉,等.考虑耕地生态质量的基本农田划定方法[J].农业工程学报,2014,30(24):298-307.
- [16] 奉婷,张凤荣,李灿,等.基于耕地质量综合评价的县域基本农田空间布局[J].农业工程学报,2014,30(1):200-210.
- [17] 郭贝贝,金晓斌,杨绪红,等.基于农业自然风险综合评价的高标准基本农田建设区划定方法研究[J].自然资源学报,2014,29(3):377-386.
- [18] MARULLI J, MALLARACH J M. A GIS methodology for assessing ecological connectivity: Application to the Barcelona Metropolitan Area [J]. Landscape and urban planning, 2005, 71(2): 243-262.

(上接第75页)