

新疆阿勒泰地区耕地质量评价及障碍因素诊断

张智斌,范燕敏,武红旗,董通,刘静,李昱朋,谷海斌

(新疆农业大学资源与环境学院/新疆草地修复与环境信息重点实验室,乌鲁木齐 830052)

摘要:【目的】评价阿勒泰地区耕地质量等级,引入障碍度模型诊断低等地障碍因素,为耕地的改良和建设提供数据支持。【方法】运用特尔斐法、层次分析法和模糊综合评价法,从立地条件、理化性质和耕地管理3个方面选取13个指标,利用地理信息系统技术和障碍度模型量化对阿勒泰地区耕地质量和障碍因素进行分析和诊断。【结果】(1)阿勒泰地区耕地质量平均等级为5.24等,优等地(一至三等)、中等地(四至六等)、低等地(七至十等)分别占耕地总面积的12.30%、62.84%和24.86%,以中等地为主,阿勒泰地区耕地质量现状良好。(2)对阿勒泰地区低等地进行障碍因素诊断,发现评价指标中有机质、有效磷、灌溉能力和有效土层厚度的障碍度占比较高,分别为16.30%、13.41%、12.27%和8.32%,以轻、中度障碍为主,主要分布在布尔津县、福海县和青河县,富蕴县的耕地障碍因素不明显。【结论】阿勒泰地区耕地质量受海拔和环境等因素的影响有从东北向西南方向递减的趋势,理清了低等地中障碍因素的种类、数量和空间分布。

关键词:耕地质量;障碍因素;障碍度模型

中图分类号:S151.9

文献标识码:A

文章编号:1001-4330(2022)07-1786-09

0 引言

【研究意义】耕地质量决定了农业生产和粮食安全^[1-3]。对耕地的不合理利用,将直接导致各类障碍因素的产生^[4-5]。新疆盐渍化、沙化、贫瘠化等障碍因素均会造成耕地质量下降^[6-8]。研究新疆阿勒泰地区耕地基本情况,挖掘其耕地生产潜能,对实现耕地质量的提升具有重要意义^[9]。【前人研究进展】张立江等^[10],韩宗伟等^[11],王慧慧等^[12],马瑞明等^[13]在研究尺度、方法和指标的选取等方向对耕地质量进行评价,进一步丰富了耕地质量评价的内容。王雪梅等^[14],胡志朋等^[15]从地力评价、地力提升和耕地集约利用方向以定性化为主对耕地质量进行评价。秦伟霞等^[16],金慧芳等^[17],韩株桃等^[18]通过建立决策矩阵、指数法、障碍度模型和多功能评价等方法进行定量分析。障碍度模型是用来对影响事物发展的障碍因素进行全面挖掘的数学模型^[19],目前已在农业、工业等多

方面应用并取得成果,但对耕地质量等级评价方面研究较少^[20-22]。【本研究切入点】当前,国内对阿勒泰地区耕地质量等级评价的研究较少,对耕地中的障碍因素诊断大都停留在定性化阶段,未准确掌握耕地质量的分布情况,导致阿勒泰地区耕地现状较模糊^[23]。需评价阿勒泰地区耕地质量等级。【拟解决的关键问题】以阿勒泰地区耕地为研究对象,利用特尔斐法、层次分析法和模糊综合评价法,从立地条件、理化性质和耕地管理3个方面选取13个指标进行耕地质量等级评价,通过障碍度模型对低等地进行障碍因素诊断,为阿勒泰地区耕地的高效利用提供科学支持。

1 材料与方法

1.1 材料

阿勒泰地区位于我国新疆最北端,E85°31′~91°01′、N45°00′~49°10′。总面积 1.15×10^4 km²,区内辖1个县级市,6个县。北依阿尔泰山

收稿日期(Received):2021-10-10

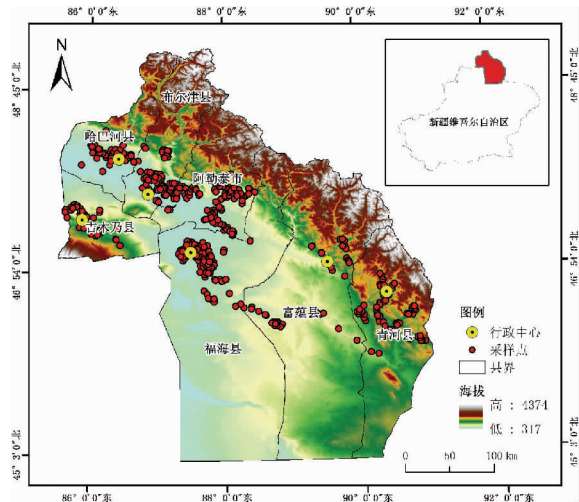
基金项目:国家自然科学基金(31560340)

作者简介:张智斌(1997-),男,山东日照人,硕士研究生,研究方向为耕地质量评价,(E-mail)320202525@xjau.edu.cn

通信作者:武红旗(1974-),男,甘肃酒泉人,副教授,博士,硕士生导师,研究方向为土壤调查与评价,(E-mail)hqwu7475@126.com

脉,南临准噶尔盆地,气候条件特殊,是典型的温带亚干旱区,冬季漫长而寒冷,夏季短促,南北差异较大。年日照时数为 2 779.5 h,平均无霜期为 151 d,平均温度为 5.2℃,平均降水量为 225.2 mm,平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 2 712℃。研究区耕地面积为 $26.62 \times 10^4 \text{ hm}^2$,水浇地面积占比达到 98.81%,地形部位多分布于冲积洪积扇,耕地土壤类型主要为栗钙土、草甸土、棕钙土和潮土等。

图 1



注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载,审图号为新 S(2021)023 号的标准地图制作,底图无修改,下同。

Note:The map is based on the standard map with the review number of New S (2021) 023 downloaded from the standard map service website of the National Bureau of Surveying, Mapping and Geographic Information, and the base map is unmodified, same below.

图 1 研究区位置与采样点分布

Fig. 1 Location of the study area and distribution of sampling sites

野外调查:在测土配方数据基础上,自 2015 年开始收集耕地质量评价共 497 个采样点,包括地形部位、耕层质地、质地构型、有效土层厚、坡度、是否沙化、农田林网化和灌溉能力等基础资料和耕层含盐量、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾等化验分析资料,包含阿勒泰地区 7 个县市的所有土壤类型。

图件资料:包括新疆土壤图、耕地分布图和行政区划图。图 1

高程数据获取自中国科学院资源环境数据中心 (<http://www.resdc.cn/>),分辨率为 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ 。

文献资料:第二次土壤普查报告、新疆统计年鉴等^[24]。

1.2 方法

1.2.1 评价单元

通过 ArcGIS 10.2 将新疆土壤图、耕地分布图和行政区划图叠加形成评价单元,采用克里金法^[25]将土壤点位养分信息插值为栅格数据叠加到评价单元上。由于阿勒泰地区耕地破碎程度较高,将耕地面积小于 1 hm^2 的图斑进行细小图斑合并,最终生成 26 316 个评价单元。

阿勒泰地区耕地质量评价依据《耕地质量等级》国家标准 (GB/T33469 - 2016)^[26],参照各学者研究方法与成果。主要包括模糊综合评价法^[27]、特尔菲法 (Delphi)^[28]、层次分析法 (AHP)^[29]和障碍度模型^[19],在立地条件、理化性质和耕地管理的基础上,利用地理信息系统 (GIS) 技术^[30],通过空间分析、层次分析等研究耕地质量、障碍因素诊断。

1.2.2 评价指标和权重确定

采用特尔菲法与层次分析法相结合的方法确定权重,并建立目标层、准则层和指标层 3 个层次,目标层即耕地质量等级评价,准则层为立地条件、理化性质和耕地管理 3 个方面,指标层选取对地区影响力大、差异性显著、稳定性高的 13 个指标^[31]。表 1

表 1 阿勒泰地区耕地质量等级评价指标权重

Tab 1 Weights of Cultivated Land Quality Grade Evaluation Indexes in Altay Region

目标层 Target layer	准则层 Guideline layer	指标层 Indicator layer	组合权重 Portfolio weights
阿勒泰地区 耕地质量等级 Altay area Arableland quality grade	立地条件	地形部位	0.075
		耕层质地	0.072
		质地构型	0.066
		有效土层厚度	0.065
		坡度	0.063
	理化性质	有机质含量	0.103
		盐渍化程度	0.101
		碱解氮含量	0.061
		有效磷含量	0.075
		速效钾含量	0.051
	耕地管理	灌溉能力	0.115
		农田林网化	0.070
		沙化程度	0.083

1.2.3 隶属函数构建

通过模糊子集、隶属函数与隶属度的概念建立不同类型的隶属函数关系,包括戒上型、戒下

型、直线型、峰型和概念型 5 种^[32]。对于概念型直接采用特尔菲法给出隶属度。表 2,表 3

表 2 阿勒泰地区耕地质量等级评价函数型指标及其隶属函数

Tab 2 Functional – type indicators and their affiliation functions for evaluation of arable land quality in Altai region

函数类型 Function Type	项目 Projects	隶属函数 Affiliation functions	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>u</i>
戒上型 Ring on type	有机质	$Y = 1/[1 + a \times (u - c)^2]$	0.001 07	47.290 001	$0.6 < u < 47$
戒上型 Ring on type	速效钾	$Y = 1/[1 + a \times (u - c)^2]$	0.000 034 7	312	$53 < u < 312$
戒上型 Ring on type	有效磷	$Y = 1/[1 + a \times (u - c)^2]$	0.001 26	44	$1 < u < 44$
戒上型 Ring on type	碱解氮	$Y = 1/[1 + a \times (u - c)^2]$	0.000 105	148.369 995	$0 < u < 148$
戒上型 Ring on type	有效土层厚度	$Y = 1/[1 + a \times (u - c)^2]$	0.000 14	150	$21 < u < 150$
戒下型 Quit under type	坡度	$Y = 1/[1 + a \times (u - c)^2]$	0.002 09	0	$0 < u < 33$

表 3 阿勒泰地区耕地质量等级评价概念型指标及其隶属度

Table 3 Conceptual indicators and their affiliation for the evaluation of arable land quality level in Altai region

评价因素 Evaluation factors	评价值 Rate the value					
耕层质地 Tillage texture	中壤	轻壤	重壤	粘土	砂土	
隶属度 Affiliation	1	0.9	0.8	0.7	0.6	
质地构型 Texture configuration	蒙金型	通体壤	通体粘	腰砂型	漏砂型	通体砂
隶属度 Affiliation	1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
盐渍化 Salinization	非盐渍化	轻度盐渍化	中度盐渍化	重度盐渍化		
隶属度 Affiliation	1	0.8	0.6	0.4		
地形部位 Terrain area	冲洪积扇中部	冲洪积扇上部	冲洪积扇下部	山前坡地	丘陵	
隶属度 Affiliation	1	0.7	0.7	0.5	0.6	
沙化程度 Degree of sanding	非沙化	沙化				
隶属度 Affiliation	1	0.5				
灌溉能力 Irrigation capacity	最好	好	一般	差		
隶属度 Affiliation	1	0.75	0.5	0.3		
农田林网化 Farmland forestry network	四面有林	三面有林	两面有林	一面有林	无林网	
隶属度 Affiliation	1	0.8	0.6	0.4	0.3	

1.2.4 耕地质量综合指数

使用累加法模型计算耕地质量综合指数 (IFI),等距离法划分质量等级^[31-32]。

$$IFI = \sum F_i \times C_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中:IFI 代表耕地质量综合指数;Fi 为 i 个因素的评价语;Ci 为 i 个因素的组合权重。

1.2.5 障碍因素诊断

划分阿勒泰地区耕地质量等级后,针对低等地中障碍程度占比靠前的有机质、灌溉能力、有效磷和有效土层厚度等四个指标,进一步进行障碍因子诊断。即引入因素贡献率、指标偏离度和障碍度,其中,因素贡献率(V_{ij})是准则层 i 中单项指

标 j 对耕地质量的影响程度,即评价体系中指标 j 的权重。指标偏离度(B_{ij})是准则层 i 中单项指标 j 与本指标标准值的差距,即评价体系中的指标隶属度与 1(100%) 的差值。障碍度(M_{ij})是第 i 项准则层中第 j 项指标对耕地质量的障碍程度,即障碍因素诊断的结果^[33]。

$$B_{ij} = 1 - A_{ij} \quad (2)$$

$$M_{ij} = \frac{B_{ij}V_{ij}}{\sum_{j=1}^n B_{ij}V_{ij}} \times 100\% \quad (3)$$

式中, M_{ij} 为指标障碍度; B_{ij} 为指标偏离度; V_{ij} 为因子贡献率; A_{ij} 为指标隶属度。按照等距法将障碍度划分无障碍(0)轻度障碍(0% ~ 10%)、中度障碍(10% ~ 20%)和重度障碍(>20%)4 个等级。

2 结果与分析

2.1 耕地质量等级划分及空间分布

研究表明,阿勒泰地区耕地面积约为 $26.62 \times 10^4 \text{ hm}^2$,利用等距离法将耕地质量由高至低划分为一至十共 10 个等级,阿勒泰耕地质量平均等级为 5.24 等。其中,四、五、六等地面积较大,占比分别为 20.19%、25.66%、16.99%,一等地占比最少,为 0.27%。表 4,图 2

选择质量最高的一至三等地为优等地,面积 $3.28 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占地区总耕地面积的 12.30%。耕地灌溉能力有保证,有机质等土壤养分含量高,土壤类型以潮土和棕钙土为主,耕作性强,无明显的障碍因素。一等地只分布在阿勒泰市和富蕴县,二、三等地以阿勒泰市和富蕴县为主,其他县市零星分布,其中富蕴县的优等地面积占比达到

该县耕地面积的 46.27%。

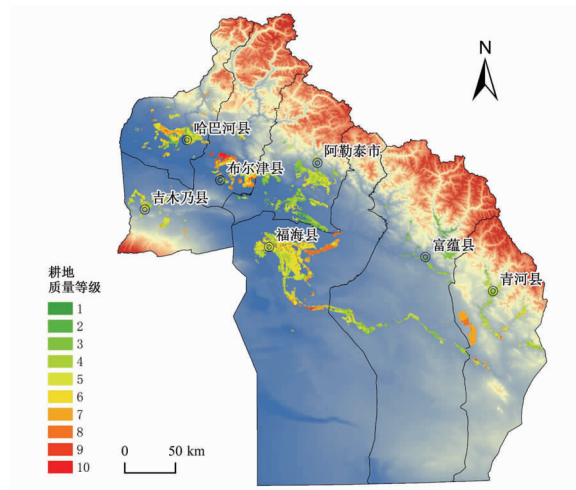


图 2 阿勒泰地区耕地质量等级分布

Fig 2 Distribution map of cultivated land quality grade in Altay area

表 4 阿勒泰地区耕地质量等级分布

Table 4 Distribution of arable land quality grade in Altai area

耕地质量等级 Cultivated land quality grade	综合指数 Compreh ensive Index (IFI)	面积 Area (10^4 hm^2)	比例 Proportion (%)	耕地质量等级 Cultivated land quality grade	综合指数 Compreh ensive Index (IFI)	面积 Area (10^4 hm^2)	比例 Proportion (%)
一等地 First class	≥ 0.8118	0.07	0.27	六等地 Sixth class	$0.6497 \sim 0.6821$	4.52	16.99
二等地 Second class	$0.7794 \sim 0.8118$	0.57	2.15	七等地 Seventh class	$0.6173 \sim 0.6497$	4.21	15.83
三等地 Third class	$0.7469 \sim 0.7794$	2.63	9.88	八等地 Eighth class	$0.5849 \sim 0.6173$	1.79	6.71
四等地 Fourth class	$0.7145 \sim 0.7469$	5.38	20.19	九等地 Ninth class	$0.5525 \sim 0.5849$	0.45	1.68
五等地 Fifth class	$0.6821 \sim 0.7145$	6.83	25.66	十等地 Tenth class	< 0.5525	0.17	0.64

四至六等地为中等地,且分布最广,面积为 $16.73 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占地区总耕地面积的 62.84%。这一类耕地主要分布在冲积洪积扇中、下部,土壤类型以棕钙土为主,存在一部分沙土,农田林网化属中等水平,耕地的生产水平有待提高。吉木乃县、福海县和阿勒泰市的中等地面积占比较高,分别占该县耕地面积的 84.35%、74.82% 和 70.44%。

评价结果七至十等地为低等地,面积为 $6.62 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占地区总耕地面积的 24.86%。主要集中在青河县、哈巴河县西南部和布尔津县南部,其中青河县面积占比最大,为 58.59%。阿勒泰地区低等地土壤养分较低,质地构型多为漏砂型和底砾型,耕地中存在有效土层厚度较薄、盐渍化

和沙化等现象。

阿勒泰地区耕地质量受海拔的影响有从东北向西南方向递减的趋势,海拔越高降水越丰沛,灌溉有保障,有机质含量高,盐碱、沙化等障碍随之下降。阿勒泰市和富蕴县耕地质量较高,布尔津县、青河县和哈巴河县耕地质量较低。耕地主要以中等地为主,优等地较少。表 5

2.2 障碍因素诊断

研究表明,阿勒泰地区低等地面积为 $6.62 \times 10^4 \text{ hm}^2$,引入障碍度模型对阿勒泰地区低等地中各指标进行障碍因素诊断,选择障碍程度占比较高的有机质、灌溉能力、有效磷和有效土层厚度 4 个指标,障碍度分别为 16.30%、13.41%、12.27%、8.32%。

表 5 阿勒泰地区各县市耕地质量等级面积统计

Tab 5 Arable land quality grade area statistics by county and city in Altai region

地区 Region	一等地 First class		二等地 Second class		三等地 Third class		四等地 Fourth class		五等地 Fifth class	
	面积 (hm^2)	比例 (%)	面积 (hm^2)	比例 (%)	面积 (hm^2)	比例 (%)	面积 (hm^2)	比例 (%)	面积 (hm^2)	比例 (%)
阿勒泰市 Altay City	531.99	73.55	2 974.10	52.04	9 190.93	34.93	16 161.62	30.07	11 400.40	16.69
布尔津县 Burqin County	—	—	25.03	0.44	1 428.39	5.43	4 482.62	8.34	10 675.48	15.63
福海县 Fuhai County	—	—	7.03	0.12	573.98	2.18	9 986.61	18.58	19 161.88	28.06
富蕴县 Fuyun County	191.32	26.45	2 601.62	45.52	9 286.51	35.29	7 530.94	14.01	5 832.36	8.54
哈巴河县 Habahe County	—	—	—	—	2 366.92	9.00	5 916.40	11.01	10 736.57	15.72
吉木乃县 Jinnai County	—	—	60.31	1.06	771.71	2.93	4 122.90	7.67	6 517.23	9.54
青河县 Qinghe County	—	—	47.15	0.82	2 694.45	10.24	5 551.70	10.33	3 972.06	5.82
地区 Region	六等地 Sixth class		七等地 Seventh class		八等地 Eighth class		九等地 Ninth class		十等地 Tenth class	
	面积 (hm^2)	比例 (%)	面积 (hm^2)	比例 (%)	面积 (hm^2)	比例 (%)	面积 (hm^2)	比例 (%)	面积 (hm^2)	比例 (%)
阿勒泰市 Altay City	3 973.30	8.79	529.25	1.26	4.80	0.03	—	—	—	—
布尔津县 Burqin County	8 166.20	18.06	7 891.24	18.73	4 977.89	27.85	3 466.80	77.59	1 702.36	100
福海县 Fuhai County	22 513.62	49.79	8 396.72	19.93	7 726.02	43.23	686.34	15.36	—	—
富蕴县 Fuyun County	603.93	1.34	56.52	0.13	18.62	0.10	—	—	—	—
哈巴河县 Habahe County	6 466.53	14.30	7 853.73	18.64	1 463.75	8.19	174.76	3.91	—	—
吉木乃县 Jinnai County	1 797.99	3.98	1 474.79	3.50	1.00	0.01	—	—	—	—
青河县 Qinghe County	1 698.06	3.76	15 934.95	37.82	3 681.49	20.60	140.01	3.13	—	—

阿勒泰地区有机质主要存在轻度和中度障碍,其障碍面积为 $6.24 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占低等地面积的 94.27%,主要分布在布尔津县、福海县和青河县,其中青河县面积最大,占低等地面积的 29.85%,其他县市分布较少,富蕴县和吉木乃县不存在中度及以上障碍。重度障碍面积 $0.38 \times 10^4 \text{ hm}^2$,仅占低等地面积的 5.73%,只在布尔津县、福海县和哈巴河县有分布。

有效磷轻度、中度和重度障碍面积分别为 $1.49 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $4.32 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $0.80 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占阿勒泰地区低等地面积的 22.54%、65.33% 和 12.13%。其中,轻度障碍主要分布在布尔津县南部、哈巴河县中部和青河县,其他县市零星分布;

有效磷以中度障碍为主,中度和重度障碍在布尔津县、福海县、哈巴河县和青河县分布较多,其他县市不存在重度障碍。

灌溉能力以轻度障碍为主,面积为 $6.37 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占比达到 96.22%,主要分布在布尔津县、青河县和福海县全部。无障碍面积 $0.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占比 1.73%,零星分布在阿勒泰市、布尔津县和青河县;重度障碍只在哈巴河县有分布,面积为 $0.14 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占比 2.05%。

有效土层厚度轻度障碍面积占低等地面积的 98.02%,其他均为无障碍,无障碍耕地面积为 $0.13 \times 10^4 \text{ hm}^2$,主要分布在布尔津县和哈巴河县。图 3,图 4

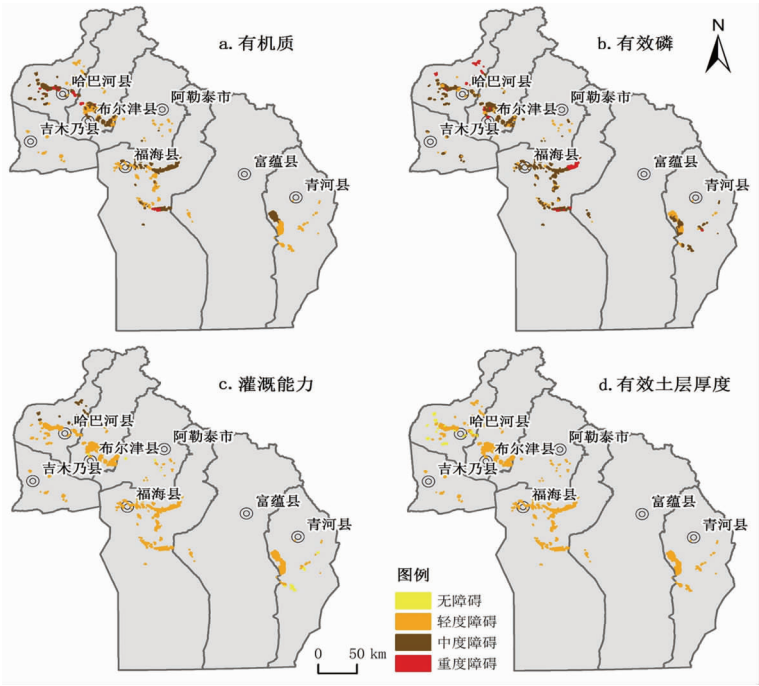


图 3 阿勒泰地区低等地各障碍因素等级空间分布

Fig 3 The spatial distribution map of the barrier factors in the low – level areas of Altay area

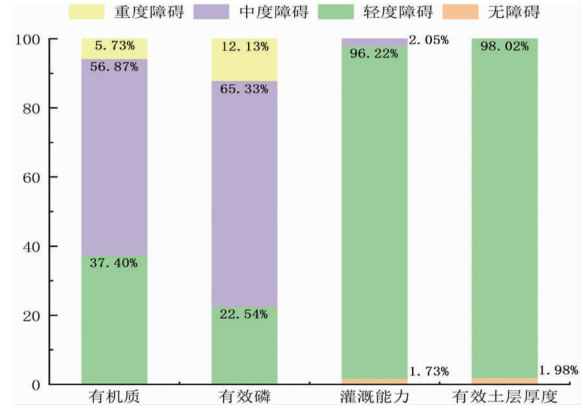


图 4 阿勒泰地区低等地各障碍因素诊断面积占比

Fig 4 Statistical map of the percentage of diagnosed area of each obstacle factor in the lowlands of the Altai region

3 讨论

研究基于《耕地质量等级》国家标准 (GB/T33469 – 2016)^[26] 对新疆阿勒泰地区进行耕地质量等级评价,通过障碍度模型对低等地进行障碍因素诊断^[33]。阿勒泰地区耕地质量呈现东北向西南方向递减的趋势,有机质、有效磷对耕地产生的障碍因素较为突出。

耕地质量等级评价在多尺度方面均有研究^[10–13],但针对阿勒泰地区耕地质量的研究较少,

且多数研究仅停留在定性方面。王雪梅等^[14]对阿克苏地区进行了耕地地力评价,阿克苏地区耕地大部分处于中上等水平,与研究的结果一致。与韩株桃等^[18]研究不同,其评价指标分为生产、社会和生态功能,没有对耕地土壤本身的属性进行研究。

4 结论

4.1 阿勒泰地区耕地质量等级由高至低划分为一至十共 10 个等级,一至三等地为优等地,四至六等地为中等地,七至十等地为低等地。按照等距离法,优等地、中等地、低等地占比分别为 12.30%、62.84%、24.86%。发现阿勒泰地区耕地质量现状良好,平均等级为 5.24 等,有从东北向西南方向递减的趋势,优等地主要分布在阿勒泰市和富蕴县,低等地主要分布在青河县、哈巴河县和布尔津县。

4.2 阿勒泰地区有机质、有效磷、灌溉能力和有效土层厚度障碍程度较明显,分别为 16.30%、13.41%、12.27% 和 8.32%。障碍度均以轻度和中度为主,主要分布在布尔津县、福海县和青河县,富蕴县的耕地质量较高,障碍因素不明显。

参考文献 (References)

- [1] 陈印军,易小燕,方琳娜,等. 中国耕地资源与粮食增产潜力分析[J]. 中国农业科学,2016,49(6):1117–1131.
CHEN Yinjun, YI Xiaoyan, FANG Lina, et al. Analysis of ara-

- ble land resources and grain yield increase potential in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2016, 49(6):1117-1131.
- [2] 马力阳,周振亚,罗其友. 中国特色农产品优势区建设现状? 问题与对策[J/OL]. 中国农业资源与区划:1-9[2021-10-30].
MA Liyang, ZHOU Zhenya, LUO Qiyu. Current situation, problems and countermeasures of the construction of advantageous areas of characteristic agricultural products in China [J/OL]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*: 1-9 [2021-10-30].
- [3] 周思宇,郝凤明,尹岩,等. 东北地区耕地利用碳排放核算及驱动因素[J/OL]. 应用生态学报:1-9[2021-10-30].
ZHOU Siyu, XI Fengming, YIN Yan, et al. Accounting for carbon emissions and drivers of cropland use in Northeast China [J/OL]. *Journal of Applied Ecology*:1-9 [2021-10-30].
- [4] 钱凤魁,项子璇,王贺兴,等. 基于国土空间三线融合的城市周边耕地分区保护研究[J/OL]. 农业资源与环境学报:1-12[2021-10-30].
QIAN Fengkui, XIANG Zixuan, WANG Hexing, et al. Research on zoning protection of arable land around cities based on the integration of three lines of land space [J/OL]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*:1-12[2021-10-30].
- [5] 张红,马丽. 1972-2018年策勒绿洲耕地时空演变及驱动力分析[J/OL]. 河北环境工程学院学报:1-5[2021-10-30].
ZHANG Hong, MA Li. Spatial and temporal evolution and driving force analysis of arable land in Cele Oasis from 1972-2018 [J/OL]. *Journal of Hebei University of Environmental Engineering*:1-5 [2021-10-30].
- [6] 黄安,杨联安,杜挺,等. 基于主成分分析的土壤养分综合评价[J]. 干旱区研究, 2014, 31(5):819-825.
HUANG An, YANG Lianan, DU Ting, et al. Comprehensive evaluation of soil nutrients based on principal component analysis [J]. *Arid Zone Research*, 2014, 31(5):819-825.
- [7] 江娜,史东梅,曾小英,等. 土壤侵蚀对紫色土坡耕地耕层障碍因素的影响[J/OL]. 土壤学报:1-14[2021-11-18].
JIANG Na, SHI Dongmei, ZENG Xiaoying, et al. Influence of soil erosion on the barrier factors of cultivated layer on purple soil slopes [J/OL]. *Acta Pedologica Sinica*:1-14[2021-11-18].
- [8] 苟志宏,胥桂凤,樊佳俐. 贵州省耕地资源利用效率评价及障碍因子识别[J]. 国土与自然资源研究, 2021(5):24-29.
GOU Zhihong, XU Guifeng, FAN Jiali. Evaluation of arable land resource utilization efficiency and identification of obstacle factors in Guizhou Province [J]. *Territory & Natural Resources Study*, 2021(5):24-29.
- [9] 曾荣艳. 基于PSR模型下的耕地可持续利用评价研究[D]. 新疆:新疆农业大学, 2013.
ZENG Rongyan. *Research on the evaluation of sustainable use of arable land based on PSR model* [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013.
- [10] 张立江,汪景宽,裴久渤,等. 东北典型黑土区耕地地力评价与障碍因素诊断[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(1):110-117.
ZHANG Lijiang, WANG Jinkuan, PEI Jiubo, et al. Evaluation of land strength and diagnosis of obstacle factors of cultivated land in typical black soil areas in Northeast China [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2017, 38(1):110-117.
- [11] 韩宗伟,卢德彬,杨建,等. 贵州省耕地质量时空格局及变化趋势分析[J]. 水土保持研究, 2017, 24(6):154-159, 166, 2.
HAN Zongwei, LU Debin, YANG Jian, et al. Analysis of spatial and temporal patterns of arable land quality and change trends in Guizhou Province [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2017, 24(6):154-159, 166, 2.
- [12] 王慧慧,李子杰,高沪宁,等. 基于GIS的岳西县耕地质量等级时空变化研究[J]. 洛阳理工学院学报(自然科学版), 2021, 31(1):1-5.
WANG Huihui, LI Zijie, GAO Huning, et al. Study on spatial and temporal changes of arable land quality level in Yuexi County based on GIS [J]. *Journal of Luoyang Institute of Technology (Natural Science Ed.)*, 2021, 31(1):1-5.
- [13] 马瑞明,马仁会,韩冬梅,等. 基于多层次指标的省域耕地质量评价体系构建[J]. 农业工程学报, 2018, 34(16):249-257.
MA Ruiming, MA Renhui, HAN Dongmei, et al. Construction of provincial arable land quality evaluation system based on multi-level indicators [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(16):249-257.
- [14] 王雪梅,柴仲平,武红旗,等. 阿克苏市耕地地力评价与改良利用研究[J]. 水土保持通报, 2013, 33(1):162-166.
WANG Xuemei, CHAI Zhongping, WU Hongqi, et al. Study on the evaluation and improved utilization of arable land in Aksu City [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2013, 33(1):162-166.
- [15] 胡志朋,杨凤海,周晓飞. 肇源县耕地集约利用评价及障碍度诊断[J]. 水土保持研究, 2013, 20(1):148-151+155.
HU Zhipeng, YANG Fenhui, ZHOU Xiaofei. Evaluation of intensive use of arable land and diagnosis of barrier degree in Zhaoyuan County [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2013, 20(1):148-151+155.
- [16] 秦伟霞,王新闯,马守臣,等. 宋香平. 基于功能分区的土地生态质量障碍因子诊断—以新乡市为例[J]. 水土保持研究, 2015, 22(4):148-154.
QIN Weixia, WANG Xinchang, MA Shouchen, et al. Diagnosis of land ecological quality obstacle factors based on functional zoning—example of Xinxiang City [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2015, 22(4):148-154.
- [17] 金慧芳,史东梅,钟义军,等. 红壤坡耕地耕层土壤质量退化特征及障碍因子诊断[J]. 农业工程学报, 2019, 35(20):84-93.
JIN Hui Fang, SHI Dongmei, ZHONG Yijun, et al. Characteristics of soil quality degradation and diagnosis of obstacle factors in the cultivated layer of red soil slopes [J]. *Transactions of the*

- Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(20): 84 – 93.
- [18] 韩株桃, 石杰峰. 陕西省耕地多功能评价与障碍因子诊断[J/OL]. 国土资源情报: 1 – 8 [2021 – 11 – 18].
HAN Zhutao, SHI Jiefeng. Multifunctional evaluation and obstacle factor diagnosis of arable land in Shaanxi Province [J/OL]. *Land Resources Information*: 1 – 8 [2021 – 11 – 18].
- [19] 雷勋平, Robin Qiu, 刘勇. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域土地利用绩效评价及障碍因子诊断[J]. 农业工程学报, 2016, 32(13): 243 – 253.
LEI Xunping, Robin Qiu, LIU Yong. Regional land use performance evaluation and obstacle factor diagnosis based on entropy power TOPSIS model [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, 32(13): 243 – 253.
- [20] 周晓飞, 雷国平, 徐珊. 城市土地利用绩效评价及障碍度诊断——以哈尔滨市为例. 水土保持研究, 2012, 19(2): 126 ~ 130.
ZHOU Xiaofei, LEI Guoping, XU Shan. Evaluation of urban land use performance and diagnosis of barrier degree——A case study of Harbin City [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2012, 19(2): 126 ~ 130.
- [21] 张风丽, 龚新蜀. 新疆工业生态安全评价及障碍因子诊断. 企业经济, 2013, 06: 15 ~ 20.
ZHANG Fengli, GONG Xinshu. Evaluation of industrial ecological safety and diagnosis of obstacle factors in Xinjiang [J]. *Enterprise Economy*, 2013, 06: 15 ~ 20.
- [22] 孙才志, 董璐, 郑德凤. 中国农村水贫困风险评价? 障碍因子及阻力类型分析. 资源科学, 2014, 05: 895 ~ 905.
SUN, Caizhi, DONG, Lu, ZHENG, Defeng. Risk evaluation, barrier factors and resistance type analysis of rural water poverty in China [J]. *Resources Science*, 2014, 05: 895 ~ 905.
- [23] 李志芳, 沈新磊, 王锐. 漯河市耕地质量等别划分与评价[J]. 中国农学通报, 2021, 37(9): 79 – 84.
LI Zhifang, SHEN Xinlei, WANG Rui. Classification and evaluation of arable land quality in Luohe City [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2021, 37(9): 79 – 84.
- [24] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴[J]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
Xinjiang Uyghur Autonomous Region Bureau of Statistics. *Xinjiang Statistical Yearbook* [J]. Beijing: China Statistics Press, 2020.
- [25] 谢梦姣, 王洋, 康营, 等. 人工神经网络与普通克里金插值法对土壤属性空间预测精度影响研究[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(7): 934 – 942.
XIE Mengjiao, WANG Yang, KANG Ying, et al. Study on the effect of artificial neural network and ordinary kriging interpolation on the accuracy of spatial prediction of soil properties [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2021, 37(7): 934 – 942.
- [26] GB/T 33469 – 2016. 耕地质量等级[S].
GB/T 33469 – 2016. *Cultivated Land Quality Grade* [S].
- [27] 杨文娜, 任嘉欣, 李忠意, 等. 主成分分析法和模糊综合评价法判断喀斯特土壤的肥力水平[J]. 西南农业学报, 2019, 32(6): 1307 – 1313.
YANG Wenna, REN Jiaxin, LI Zhongyi, et al. Principal component analysis and fuzzy integrated evaluation method to determine the fertility level of karst soils [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 32(6): 1307 – 1313.
- [28] 同一凡, 刘建立, 张佳宝. 耕地地力评价方法及模型分析. 农业工程学报, 2014, 30(5): 204 ~ 210.
YAN Yifan, LIU Jianjian, ZHANG Jiabao. Evaluation methods and model analysis of arable land strength [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(5): 204 ~ 210.
- [29] 郑红晓, 张红方. 基于地力评价的耕地利用类型分区研究——以沁阳市为例. 中国农业资源与区划, 2015, 36(5): 132 ~ 137.
ZHENG Hongxiao, ZHANG Hongfang. Research on the zoning of arable land use types based on land strength evaluation——The example of Qingyang City [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2015, 36(5): 132 ~ 137.
- [30] 朱磊, 盛建东, 武红旗. 基于 GIS 的和硕县耕地地力评价与耕地土壤改良分区制图[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(1): 132 – 139.
ZHU Lei, SHENG Jiandong, WU Hongqi. GIS – based evaluation of arable land strength and zonal mapping of arable land soil improvement in Heshuo County [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2013, 50(1): 132 – 139.
- [31] 许旺旺, 马倩倩, 蔡立群. 基于《耕地质量等级》的靖远县耕地质量等级评价[J]. 草原与草坪, 2021, 41(1): 94 – 102, 112.
XU Wangwang, MA Qianqian, CAI Liqun. Evaluation of the quality level of arable land in Jingyuan County based on "Quality Level of Arable Land" [J]. *Grassland and Turf*, 2021, 41(1): 94 – 102, 112.
- [32] 张梦莹, 蔡立群. 玉门市耕地质量等级及其养分空间分布研究[J]. 国土与自然资源研究, 2021(4): 1 – 5.
ZHANG Mengying, CAI Liqun. Study on the quality level of arable land and its spatial distribution of nutrients in Yumen City [J]. *Territory & Natural Resources Study*, 2021(4): 1 – 5.
- [33] 孙妍芳, 裴久渤, 张立江, 等. 辽宁棕壤耕地质量评价及障碍因素类型分区研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(11): 130 – 137, 144.
SUN Yanfang, PEI Jiubo, ZHANG Lijiang, et al. Evaluation of quality of brown soil arable land and zoning of obstacle factor types in Liaoning [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2017, 38(11): 130 – 137, 144.

Study on Evaluation of Cultivated Land Quality and Diagnosis of Obstacle Factors in Altay Region, Xinjiang

ZHANG Zhibin, FAN Yanmin, WU Hongqi, DONG Tong, LIU Jing, LI Yupeng, GU Haibin

(Xinjiang Key Laboratory of Grassland Restoration and Environmental Information/College of Resources and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: **[Objective]** In order to ensure the efficient use of arable land resources, this study evaluates the quality of arable land in the Altai region in terms of grade, on the basis of which a barrier degree model is introduced to diagnose the barrier factors for low grade land, so as to provide data support for future improvement and construction of arable land. **[Method]** In this study, 13 indicators were selected from three aspects of land conditions, physical and chemical properties and arable land management using Telfer method, hierarchical analysis and fuzzy comprehensive evaluation method, and the quality of arable land and obstacle factors in Altai region were analyzed and diagnosed quantitatively by using GIS technology and obstacle degree model. **[Results]** (1) The average grade of arable land quality in Altay is 5.24, with excellent land (Grade 1 to 3), medium land (Grade 4 to 6) and low land (Grade 7 to 10) accounting for 12.30%, 62.84% and 24.86% of the total arable land area, respectively, indicating that the current status of arable land quality in Altay is good. (2) Obstacle factors were diagnosed for the lowlands in the Altai region, and it was found that the evaluation indexes of organic matter, effective phosphorus, irrigation capacity and effective soil thickness accounted for a higher percentage of obstacles, 16.30%, 13.41%, 12.27% and 8.32%, respectively, with mild and moderate obstacles, mainly in Burqin, Fuhai and Qinghe counties, and the obstacles of arable land in Fuyun County were not obvious. **[Conclusion]** The cultivated land quality in Altay area is affected by altitude, environment and other factors, with a decreasing trend from northeast to southwest. At the same time, the types, quantity and spatial distribution of obstacle factors in low land are clarified. It provides scientific basis for improving the quality of cultivated land and ensuring the productive capacity of cultivated land.

Key words: arable land quality; barrier factors; barrier degree model

Fund project: National Natural Science Foundation of China (31560340)

Correspondence author: WU Hongqi (1974 -), Male, Jiuquan, Gansu, Associate Professor, Master Supervisor, research interests are soil investigation and evaluation, (E-mail) hqwu7475@126.com