



郑慧慧,宋月琪,魏宸博,汪秀莲,张定祥,王荣彬,徐艳.阿克苏地区近30年土地利用变化及其生态环境效应研究[J].中国农业大学学报,2025,30(04):217-229.

ZHENG Huihui, SONG Yueqi, WEI Chenbo, WANG Xiulian, ZHANG Dingxiang, WANG Rongbin, XU Yan. Land use change and its eco-environmental effect of Aksu region in recent 30 years[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(04): 217-229.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.04.18

阿克苏地区近30年土地利用变化及其生态环境效应研究

郑慧慧¹ 宋月琪¹ 魏宸博¹ 汪秀莲² 张定祥² 王荣彬² 徐艳^{1,3*}

(1. 中国农业大学 土地科学与技术学院, 北京 100193;

2. 中国国土勘测规划院, 北京 100035;

3. 中国农业大学 土地利用与管理中心, 北京 100193)

摘要 为给制定阿克苏地区土地资源合理利用政策提供依据。采用阿克苏地区1990、2000、2010和2020年4个时间序列的遥感影像解译的土地利用类型数据,运用土地利用转移矩阵、单一和综合土地利用动态度以及生态环境质量指数指标,探究该地区近30年的土地利用及生态环境质量时空演变特征。结果表明:1)阿克苏地区近30年土地利用变化速率具有明显的阶段性,1990—2000年土地利用变化平缓,2000—2010年的土地利用变化剧烈,2010—2020年的土地利用变化较为活跃;综合土地利用动态度分别为0.09%、1.42%和0.78%。其中,草地面积减少了21 844.50 hm²,耕地面积增加了5 713.81 hm²,园地面积增加了1 244.54 hm²。2)土地利用变化的区域差异特征较为显著,中部、北部地区共有15 018.32 hm²草地和382.63 hm²耕地转为其他土地,沿阿克苏河各支流周边有大量的草地转为耕地和林地,面积分别为2 788.08和5 754.89 hm²。3)阿克苏地区1990、2000、2010和2020年的生态环境质量指数分别为0.39、0.39、0.32和0.34,整体偏低且呈现下降趋势,空间分布差异显著,高值区主要集中在研究区的北部,低值区主要集中在研究区的南部。4)土地利用变化及其生态环境效应变化在时间与空间上保持高度一致,在生态环境效应中起正向效应的主要有其他土地转为林地、草地,两者的贡献率达到70%以上;起负向效应的主要有草地变成耕地、其他土地以及水域面积的收缩,三者的贡献率近90%。因此,阿克苏地区土地资源利用应坚持以水定地的原则,即基于水资源承载力合理确定农业用地规模,优化土地利用结构与空间布局,促进绿色与高效发展。

关键词 阿克苏地区;土地利用变化;动态度;生态环境质量;生态贡献率

中图分类号 X321;F301.2

文章编号 1007-4333(2025)04-0217-13

文献标志码 A

Land use change and its eco-environmental effect of Aksu region in recent 30 years

ZHENG Huihui¹, SONG Yueqi¹, WEI Chenbo¹, WANG Xiulian², ZHANG Dingxiang²,
WANG Rongbin², XU Yan^{1,3*}

(1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. China Land Surveying and Planning Institute, Beijing 100035, China;

3. Land Use & Administration Research Center, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract To provide the basis for formulating the policy of rational utilization of land resources in Aksu

收稿日期: 2024-09-02

基金项目: 第三次新疆综合科学考察项目(2021xjkk0200)

第一作者: 郑慧慧(ORCID:0009-0000-8249-7038),博士研究生,E-mail: zhenghuihui@cau.edu.cn

通讯作者: 徐艳(ORCID:0000-0003-4573-270X),副教授,主要从事土地可持续利用研究,E-mail: xuyan@cau.edu.cn

region, based on the land use type data interpreted by remote sensing images from 1990, 2000, 2010 and 2020 in Aksu region, the land use transfer matrix, single and comprehensive land use dynamic attitude and ecological environment quality index were used to explore the spatio-temporal evolution characteristics of land use and ecological environment quality in the region over the past 30 years. The results showed as follows: 1) The rate of land use change in Aksu region in recent 30 years had obvious stages, which was gentle from 1990 to 2000, drastic from 2000 to 2010, and more active from 2010 to 2020; The dynamic attitudes of comprehensive land use were 0.09%, 1.42% and 0.78%, respectively. Among them, the area of grassland decreased by 21 844.50 hm², the area of cultivated land increased by 5 713.81 hm², and the area of garden increased by 1 244.54 hm². 2) The regional differences in land use change were significant. In the central and northern regions, a total of 15 018.32 hm² of grassland and 382.63 hm² of arable land were converted to other land, and a large number of grasslands were converted to cultivated land and forest land along the tributaries of Aksu River, with an area of 2 788.08 hm² and 5 754.89 hm², respectively. 3) The eco-environmental quality indexes of Aksu region in 1900, 2000, 2010 and 2020 were 0.39, 0.39, 0.32 and 0.34, respectively, showing an overall low and decreasing trend. The spatial distribution difference was significant, with the high-value area mainly concentrated in the northern part of the study area and the low-value area primarily focused on the southern part of the study area. 4) Land use change and its eco-environmental effects are highly consistent in time and space. The main positive effects on eco-environmental effects are the conversion of other land to woodland and grassland, and the contribution rates of both reach more than 70%. The main negative effects are grassland change into cultivated land, other land and water area shrinkage, the contribution rate of the three is nearly 90%. Therefore, the utilization of land resources in the Aksu region should adhere to the principle of determining land by water, that is, rationally determining the scale of agricultural land based on the carrying capacity of water resources, optimizing the structure and spatial layout of land use, and promoting green and efficient development.

Keywords Aksu region; land use change; dynamic attitude; ecological environment quality; ecological contribution rate

土地利用或覆被变化与地球物质大循环和生物小循环过程密切相关,能够直接或间接对生态环境产生影响^[1]。随着人口不断地增加和社会经济的不断发展,人类对土地资源的需求也大幅增加,土地利用发生剧烈变化^[2]。如农业用地的不断扩张,使得温室气体的排放、化肥农药的投入、灌溉用水量等持续增加,给生态环境带来了巨大的压力,进而引发了一系列生态环境问题,也对全球实现可持续发展目标(Sustainable Development Goals, SDGs)提出了巨大挑战^[3]。

自19世纪80年代改革开放以来,我国的社会和经济取得了巨大的发展,土地利用变化格局也出现了明显的时空差异^[4]。南方建设用地面积的持续增长,可用于占补的耕地指标不断减少,因此,以保障粮食安全、保卫耕地红线为目的的耕地占补平衡工作,转移到生态环境较为脆弱的北方地区,北方地区成为全国范围内重要的耕地补充区,整个粮食生产重心出现了自南向北的转移^[5],即越来越多地

向北方缺水地区集中,这一土地利用变化趋势引起的生态环境问题也愈加明显^[6]。早期研究主要集中在土地利用时空格局演变、趋势分析、情景模拟和格局优化等方面^[7-9]。近年来,则主要关注土地利用变化与生态环境效应之间的耦合关系^[10-12];如王林燕等^[13]利用生态贡献度等模型,定量分析土地利用变化带来的生态环境影响。然而,已有研究中,研究区的选择多集中在湿润、半湿润等地区,对干旱地区的关注较少^[14]。如杨清可等^[15]以长江三角洲地区为例,分析该地区的土地利用转型与生态环境效应,得出建设用地对农业生产用地的挤占是导致生态环境质量恶化的重要原因;胥梦娇等^[16]基于四川省凉山州的土地利用变化来分析其生态效应。实际上,干旱地区生态环境脆弱,是对全球气候变化响应和人类活动影响最为敏感的区域之一,土地利用受水资源限制,农业绿洲和建设面积扩大会消耗大量水资源,进一步加剧土地荒漠化等问题,对当地生态环境将带来极大的破坏,导致更为严峻的

生态环境问题,因此亟须基于干旱地区的土地利用变化及其生态环境效应提出相应的措施建议^[17]。此外,以往研究较多是基于自然属性分类的土地利用覆被数据,无法分辨出园地等实际土地利用情况,不利于指导具体农业生产。

阿克苏地区位于塔克拉玛干沙漠西北边缘处,属典型的大陆性干旱气候,气候差异显著,北部湿润多雨,南部干燥少雨;地形结构复杂、地势北高南低,北部山峰众多,南部为塔克拉玛干沙漠,生境本底较为脆弱^[18]。随着气候变化、人口增长和经济发展,该地区土地利用发生较大变化,耕地、建设用地增加,引发了土地沙化等生态环境问题^[19]。

因此,本研究拟以阿克苏地区为研究区,采用该地区1990、2000、2010和2020年4个时间序列的遥感影像解译出的基于人类土地利用特征的土地利用类型数据,聚焦该地区耕地、林地、草地、园地等地类利用现状,在此基础上,运用土地利用转移矩阵、单一和综合土地利用动态度以及生态环境质量指数指标,探究该地区近30年的土地利用及生态环境质量时空演变特征,最后提出未来土地利用的优化策略,以期为实现该地区土地资源开发利用和生态环境保护双重目标提供政策指导。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

以阿克苏地区作为研究区,研究区概况如图1所示。该研究区包括乌什县、柯坪县、阿瓦提县、阿克苏市、新和县、温宿县、拜城县、沙雅县以及库车市等地,位于新疆维吾尔自治区中部,总面积13.17万km²,总人口为271.44万人。该地区虽然总面积较大,但受制于水资源等自然本底条件,可利用土地资源较少^[20]。2020年阿克苏地区土地利用现状数据显示,各土地利用类型面积由多到少依次为:其他土地(5.70×10⁶ hm², 43.25%)、草地(3.57×10⁶ hm², 27.11%)、林地(1.39×10⁶ hm², 10.58%)、耕地(1.39×10⁶ hm², 10.56%)、水域及水利设施用地(6.49×10⁵ hm², 4.93%)、园地(3.63×10⁵ hm², 2.76%)以及建设用地(1.06×10⁵ hm², 0.81%)。其中:其他土地主要包括沙地、裸地、盐碱地,主要分布在南部的塔克拉玛干沙漠,草地多集中在北部地区,林地主要分布于中部地区,而耕地主要分布在阿克苏河流域及其支流周边的平原地带,依河

流、绿洲呈“东西抱团”式聚集,是农业核心区域^[21]。

1.2 数据来源

本研究基于阿克苏地区1:25万比例尺的土地利用分类数据进行土地利用变化分析。该数据是结合1990—2015年TM30 m 15期遥感影像数据、2016—2020年5期Satelel—2 10 m数据,2015—2020年5期2 m国产高分数据和阿克苏地区的土地利用详查数据,基于神经网络的监督分类技术进行遥感影像解译,并采用传统野外地面现场与采样调查,对疑问图斑进行现场确认和校正,使得变化信息漏检率低于20%,识别精度达到90%以上。具体处理如下:将研究区土地利用详查图件进行扫描,通过扫描仪输入扫描图像以栅格形式存储于图像文件中并进行纠正,同时也对扫描图形的纠正精度进行检查。在此基础上,充分利用遥感回溯调查等现代技术手段,采用多元数据集成技术,辅助外业调查,通过不同年份连续对比、整合,反演研究区近30年土地利用历史数据。

1.3 研究方法

本研究采用阿克苏地区1990、2000、2010和2020年4个时间序列的土地利用类型数据,参考GB/T 21010—2017《土地利用现状分类》^[22]将该地区土地利用类型细分至二级类,详见表1。并利用土地利用转移矩阵模型^[13,17]来分析不同土地利用类型之间的变化情况,通过单一和综合土地利用动态度^[15,19]来分析不同土地利用类型变化的快慢程度。在此基础上,通过生态环境质量指数^[16]分析该地区近30年土地利用变化引起的区域整体生态环境变化,最后通过贡献度模型来分析具体土地利用类型变化在生态环境变化中发挥的作用^[16,20]。

1.3.1 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵用于描述研究区内不同土地利用类型在不同年份发生变化的情况,具体计算公式如下:

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: S 为面积; n 为土地利用类型总数。

1.3.2 单一土地利用动态度

单一土地利用动态度用于代表研究区内一定时间内某种土地利用类型的数量变化情况,具体计

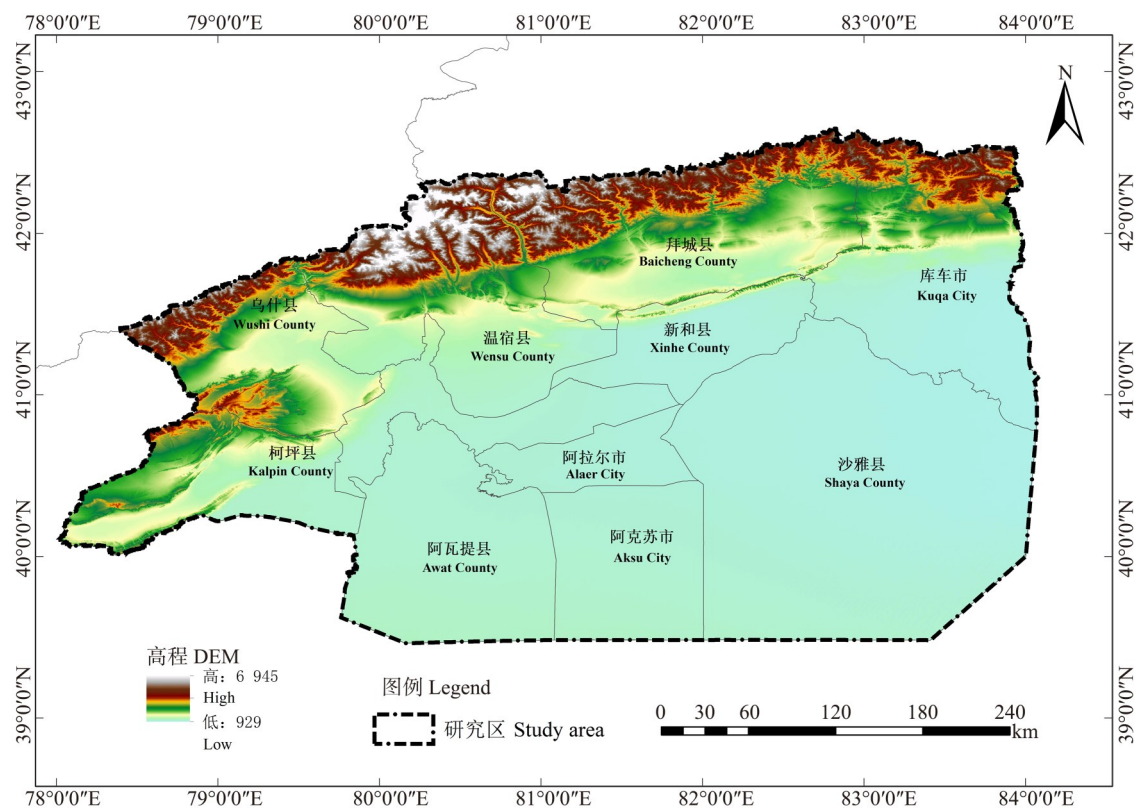


图1 研究区概况图

Fig.1 Overview of the study area

表1 本研究土地利用类型分类

Table 1 Classification of land use types in this study

一级地类 First class of land	二级地类 Secondary class of land	一级地类 First class of land	二级地类 Secondary class of land
耕地 Farmland	水田、水浇地、旱地	建设用地 Construction land	城镇用地、农村居民点占用等
林地 Forest land	有林地、灌木林地、其他林地	其他土地 Other land	盐碱地、沙地、裸地等
草地 Grassland	天然牧草地、人工牧草、其他草地	水域及水利设施用地 Land used for water and water conservancy facilities	河流水面、湖泊水面、水库水 面、冰川及永久积雪等
园地 Garden land	果园、其他果园		

算公式如下：

$$K=\frac{Y_b-Y_a}{Y_a}\times\frac{1}{T}\times100\% \tag{2}$$

式中： K 为单一土地利用动态度； Y_a 为 a 时期土地利用类型面积； Y_b 为 b 时期土地利用类型面积； T 为两时期间隔的时间。

1.3.3 综合土地利用动态度

综合土地利用动态度用于代表研究区内一定时间内土地利用类型的年变化率,具体计算公式如下：

$$L=\frac{\sum_{i=1}^n\Delta L_{Y_{i-j}}}{2\sum_{i=1}^nL_{Y_i}}\times\frac{1}{T}\times100\% \tag{3}$$

式中： L 为综合土地利用动态度； L_{Y_i} 为起始时间 i 类土地利用类型面积； $\Delta L_{Y_{i-j}}$ 为 i 类转为 j 类土地利用类型面积； T 为两时期间隔的时间。

1.3.4 区域生态环境质量

引入生态环境指数来表征区域生态环境质量, 该方法是基于土地利用类型变化数据测度生态环境质量的主要方法,其中参考已有研究成果与阿克苏地区的具体情况^[7-13,21],对耕地、林地、草地、园地、

水域及水利设施用地、建设用地以及其他土地的生态环境质量指数进行修正,分别为0.25、0.65、0.70、0.5、0.8和0.01,具体计算公式如下:

$$U_i = \sum_{i=1}^M \frac{A_i}{A} R_i \quad (4)$$

式中: U_i 为区域*i*时期生态环境质量指数; A_i 为区域*i*时期*i*类土地利用类型面积; A 为区域总面积; M 为区域土地利用类型总数量; R_i 为*i*类土地利用类型的生态环境质量指数。

1.3.5 土地变化生态贡献率

土地变化生态贡献率指某种土地利用类型变

化所引起的区域生态质量的变化,用于说明不同土地利用类型相关转变对生态环境质量的影响情况,具体计算公式如下:

$$C = \frac{(R_{t+1} - R_t) A_i}{A} \quad (5)$$

式中: C 为土地变化生态贡献率; R_t 为土地利用类型变化初期的生态环境质量指数; R_{t+1} 为土地利用类型变化末期的生态环境质量指数; A 为区域总面积; A_i 为*i*类土地利用类型变化面积。

1.4 研究框架

本研究主要分为四部分,具体研究框架见图2。

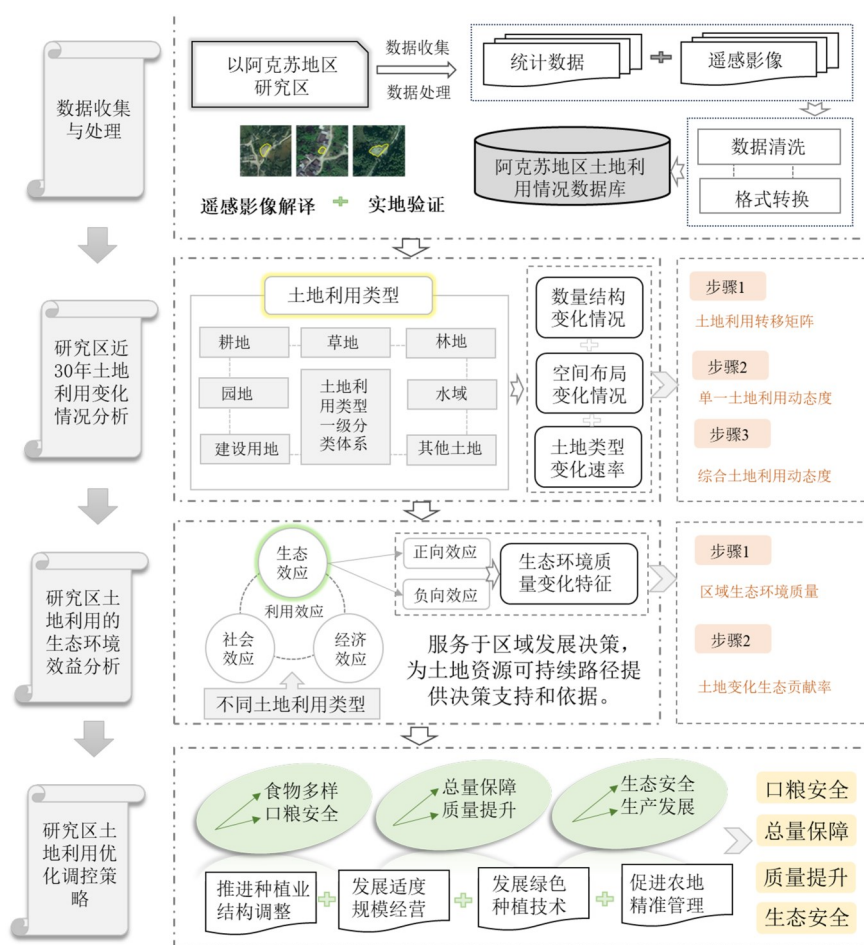


图2 本研究框架

Fig. 2 Research frame diagram in this study

2 结果与分析

2.1 各土地利用类型的面积变化

研究区近30年各土地利用类型面积变化情况见表2,可见1990—2020年,阿克苏地区耕地、林地、园地和建设用地面积呈现上升趋势。其中:耕地、

林地、园地和建设用地面积在1990年时分别为8 191.42、5 735.20、64.45和468.33 hm^2 ;在2020年时分别为13 905.23、13 937.11、3 631.47和1 061.89 hm^2 ;与2020年相比,各用地面积分别增加了169.75%、243.01%、563.48%和226.74%。其中,耕地内部以水田、水浇地为主,除1990年时有少

量旱地外,所占比例为0.32%,2000年之后均为水田和水浇地。

由表2可见,1990—2020年,阿克苏地区的草地面积大幅减少,持续呈现下降趋势。其中:草地面积在1990年时为468.33 hm²,在2020年时为1 061.89

hm²,相较于2020年,增加了226.74%。值得注意的是,虽然草地总面积呈现下降趋势,但草地内部的人工牧草地面积却大幅度增加,1900年时未出现人工牧草地,2000年时人工牧草地数量增加了21 hm²,2010年人工牧草地数量达到峰值,为164.56 hm²。

表2 1990—2020年阿克苏地区各土地利用类型面积统计

Table 2 Area statistics of different land by types in Aksu region from 1990 to 2020 hm²

土地利用类型 Land use type	1990年	2000年	2010年	2020年
草地 Grassland	57 553.55	56 660.16	37 939.08	35 709.05
耕地 Farmland	8 191.42	8 813.65	9 830.25	13 905.23
建设用地 Construction land	468.33	501.88	680.46	1 061.89
林地 Forest land	5 735.20	6 225.66	10 627.19	13 937.11
其他土地 Other land	54 503.61	54 237.50	64 977.65	56 965.73
水域及水利设施用地 Land used for waterand water conservancy facilities	5 247.82	5 187.11	5 104.39	6 492.36
园地 Garden land	64.45	138.40	2 549.06	3 631.47

从研究区1990—2000年、2000—2010年、2010—2020年的综合土地利用动态度来看,该地区的土地利用变化速率具有明显的阶段性。其中:1990—2000年土地利用变化平缓,该期间的综合土地利用动态度为0.09%;2000—2010年的土地利用变化剧烈,该期间的综合土地利用动态度为1.42%,变化速率是前一个时期变化速率的15.78倍;2010—2020年的土地利用变化仍较为活跃,该期间的综合土地利用动态度为0.78%,虽然该时期的变化速率相较于第二个时期有所减缓,但远高于1990—2000年的变化速率。

从研究区1990—2000年、2000—2010年、2010—2020年的单一土地利用动态度来看,该地区的土地利用类型变化速率具有显著的差异性。其中:1990—2000年,园地的变化幅度最大,为11.48%,其他土地的面积变化幅度最小,为-0.05%;其中耕地、林地、建设用地面积呈现上升趋势,但变化幅度较小,分别为0.76%、0.86%、0.72%;草地、水域及水利设施用地以及其他土地面积不断缩减,变化幅度分别为-0.16%、-0.12%、-0.05%。2000—2010年,园地的变化幅度仍然最大,为174.18%,呈现极速增长态势,水域及水利设施用地的面积变化幅度最小,为-0.16%;耕地、林地、建设用地变

化幅度较前一阶段有所增长,分别为1.15%、7.07%、3.56%;草地、水域及水利设施用地处于减少趋势,其中草地的降幅最大,为-3.3%。2010—2020年,建设用地面积变化最大,为5.61%,其次为园地、耕地、林地和水域及水利设施用地,分别为4.25%、4.15%、3.11%和2.72%,草地面积仍处于下降趋势,但下降幅度显著减少,为-0.59%,不足前一时期的20%。

此外,本研究进一步分析了阿克苏地区1990—2000年、2000—2010年、2010—2020年不同土地利用类型之间的转入转出情况来了解土地利用结构情况(表3和图3)。研究发现,研究区土地利用类型变化多集中在草地的转出和耕地、园地、林地的转入。其中:1990—2000年,土地利用各类型之间的转化较为平缓,草地、其他土地、水域及水利设施用地为转出减少,其余土地利用类型均为转入;园地最为稳定,仅极少范围的园地转为林地、建设用地。耕地、林地的增加主要是由于草地的转入,有耕地开垦、植树造林活动。但各土地利用类型面积的转入转出相对于整体而言所占比例不大,转化特征不明显。2000—2010年,草地和耕地、林地的转换较为频繁,草地迅速转为耕地、林地,以及水域及水利设施用地也为转出,其他类型用地均为转入,阿克苏地区土地利用进入了剧烈转化阶段,并且

表 3 1990 年与 2020 年阿克苏地区土地利用转移矩阵

Table 3 Transfer matrix of land use in Aksu region from 1990 and 2020

hm²

2020 年	1990 年							
	耕地 Farmland	园地 Garden land	林地 Forest land	草地 Grassland	建设用地 Construction land	水域及水利设施用地 Land used for water and water conservancy facilities	其他土地 Other land	总计 Total
草地 Grassland	278.91	0.14	1 437.29	27 989.17	7.38	732.04	5 264.13	35 709.05
耕地 Farmland	4 877.06	5.98	521.35	6 397.54	149.09	422.19	1 532.01	13 905.23
建设用地 Construction land	521.74	12.56	9.53	180.08	179.56	8.92	149.51	1 061.89
林地 Forest land	195.15	1.58	3 092.95	8 671.97	3.71	291.92	1 679.82	13 937.11
其他土地 Other land	102.01	0.11	340.14	11 722.79	5.04	446.67	44 348.96	56 965.73
水域及水利设施 用地 Land used for water and water conservancy facilities	134.88	0.16	227.06	1 731.90	1.50	3 273.91	1 122.95	6 492.36
园地 Garden land	2 081.69	43.91	106.82	854.16	122.05	42.46	380.38	3 631.47
总计 Total	8 191.43	64.45	5 735.13	57 547.62	468.33	5 218.12	54 477.76	131 702.85

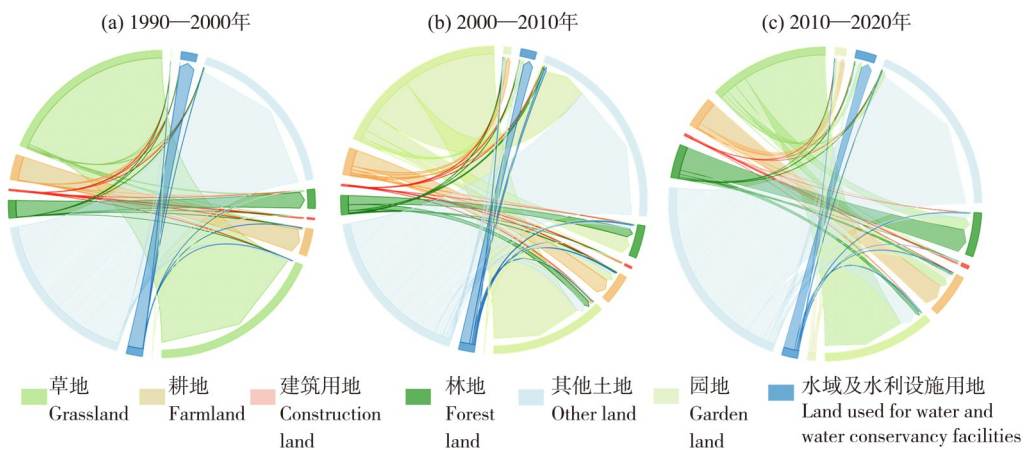


图 3 1990—2020 年阿克苏地区各土地利用类型转化示意图

Fig. 3 The diagram of Land-use types transformation in Aksu region from 1990 to 2020

大量的耕地转为建设用地,出现耕地“开垦—撂荒—再开垦”现象。2010—2020年,草地的转出仍然十分活跃,对耕地、林地的转入较多,裸地、盐碱地等其他土地则转为草地,因此草地整体变化幅度不大。但建设用地占用耕地的现象较为明显,2020年建设用地面积增长主要由耕地转入,且耕地的转入面积占到了整体的一半,同时由于大量草地转为耕地,使得耕地面积仍保持增长态势。

2.2 研究区近30年土地利用空间变化

研究区1990—2020年土地利用类型的转入转出在区域上具有显著的差异性(图4)。其中:1990—2000年,阿克苏地区各县市均有零星的土地利用变化情况,不同土地利用类型之间的转入转出规模较小,主要集中在东部的温宿县、库车市和西部

温宿县等。2000—2010年,阿克苏地区土地利用类型的转入转出较为频繁,土地利用空间格局变化特征显著。柯坪县、拜城县以及新和县为主的中部、北部地区表现为大范围的草地、耕地转为其他土地,土地沙化现象突出,其间共有15 018.32 hm²草地和382.63 hm²耕地转为其他土地。耕地、林地、草地之间的交互转化则主要集中在中部平原绿洲区的阿瓦提县北部、阿拉尔市、新和县、沙雅县,沿阿克苏河支流周边有大量的草地转为耕地和林地,面积分别为2 788.08和5 754.89 hm²。2010—2020年,土地利用变化在研究区北部和中部仍然十分活跃。在拜城县、温宿县、新和县其他土地较多地转变为草地,在柯坪县、阿克苏市以及沙雅县等林地大范围扩张,主要来源是草地的转出。

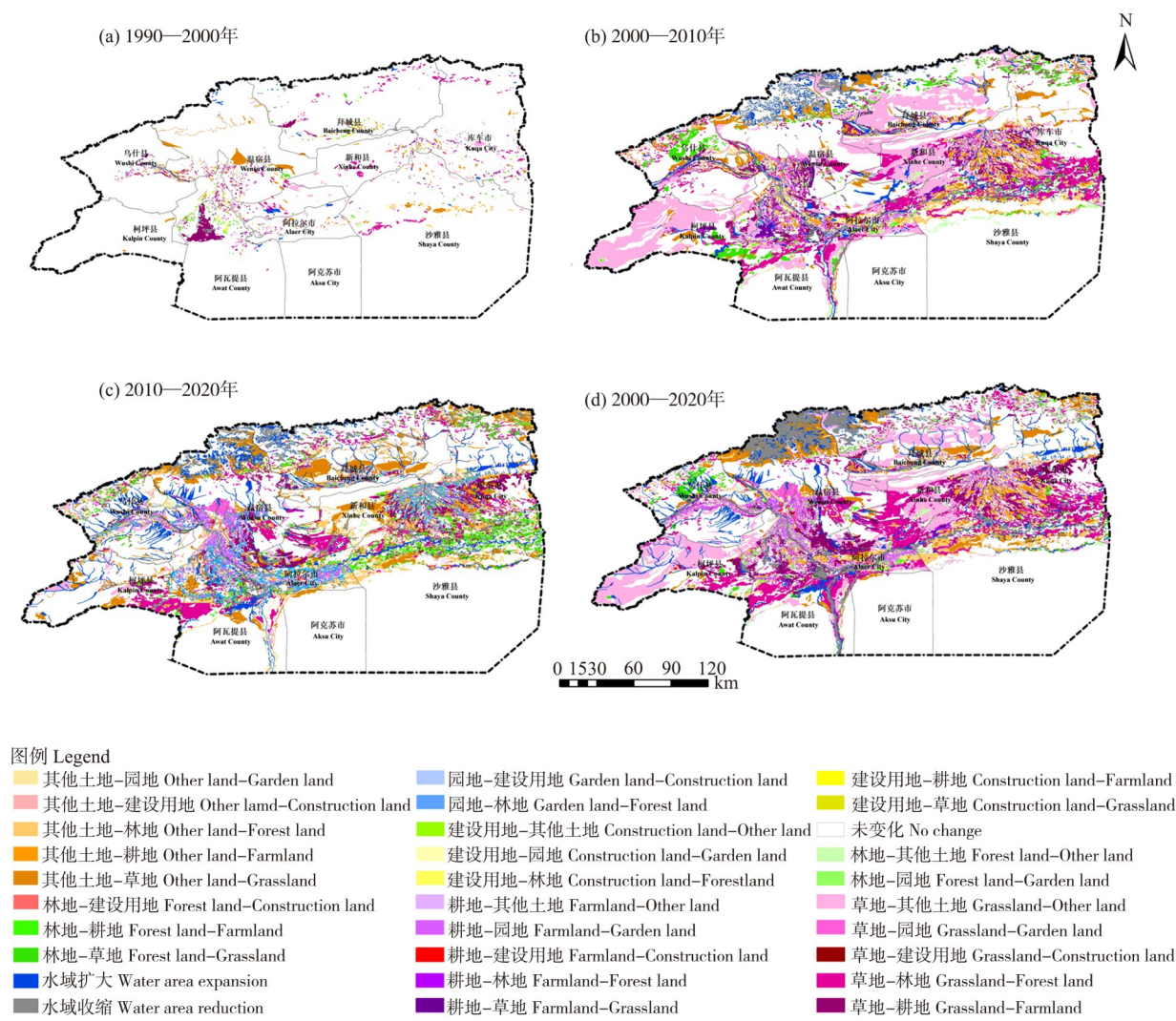


图4 1990—2020年阿克苏地区各土地利用空间变化示意图

Fig. 4 The diagram of land-use spatial change in Aksu region from 1990 to 2020

2.3 土地利用变化的生态环境效应

2.3.1 生态环境质量变化特征

阿克苏地区 1900、2000、2010 和 2020 年的生态环境质量指数分别为 0.39、0.39、0.32 和 0.34,整体偏低,说明该地区生态环境质量整体不高。从时间变化上来看,阿克苏地区总体的生态环境质量指数前 10 年变化不大,和上述土地利用变化分析结果吻合,后 20 年变化较为明显,总体呈现下降趋势,其中新和县和柯坪县的生态环境质量指数减低幅度最大。从空间分布来看,阿克苏地区生态环境质量指数高值区主要集中在研究区的北部,如乌什县、温宿县和库车市等地,土地利用类型以草地和水域及水利设施用地为主;生态环境质量指数低值区主要集中在研究区的南部,如阿瓦提县、阿克苏市和沙雅县等,土地利用类型以沙地、裸地和盐碱地为主。与 1990 年相比,阿克苏地区的生态环境质量指数空间分布变化不大,但高值区和低值区之间的差距减少。研究区南部多为其

他土地,土地利用变化动态度较低,因此南部地区的生态环境质量指数变化幅度较小,而北部地区土地利用变化动态度较高,且多为林草用地转换为耕地和其他土地,因此北部地区的生态环境质量指数变化幅度较大,且趋向减少趋势。

2.3.2 不同土地变化类型的生态贡献率

不同土地变化类型生态贡献率计算结果见表 4。可见不同土地利用变化类型对生态环境的影响不同,分为正向效应和负向效应 2 个方面,即土地利用变化能够使当地的生态环境质量变好,同时也可能导致生态环境质量变得更差^[23-28]。从阿克苏地区 1990—2020 年不同土地利用变化类型的生态贡献率来看,耕地转变为林地、草地、园地以及水域面积的扩大等,起正向效应,是生态环境改善的重要因素;草地、林地转为耕地以及水域的收缩等,在生态环境质量变化中起负向效应,是造成生态环境退化的主要原因。

表 4 1990—2020 年阿克苏地区土地利用类型变化的生态贡献率
Table 4 Ecological contribution rate of Land-use type change in Aksu region from 1990 to 2020

时间段 Time period	正向效应 Positive effect			负向效应 Negative effect		
	土地利用变化类型 Types of land use change	贡献率 Contribution rate	贡献率比例/% Proportion of contribution rate	土地利用变化类型 Types of land use change	贡献率 Contribution rate	占贡献率比例/% Proportion of contribution rate
1990—2000 年	耕地-林地	0.000 14	3.05	草地-耕地	−0.002 41	−42.59
	耕地-草地	0.000 26	5.78	草地-其他土地	−0.001 83	−32.32
	水域扩大	0.000 46	10.05	水域收缩	−0.000 72	−12.76
	其他土地-林地	0.000 58	12.65	林地-耕地	−0.000 20	−3.51
	其他土地-草地	0.002 90	63.32	草地-林地	−0.000 17	−3.06
2000—2010 年	耕地-园地	0.002 19	5.63	草地-其他土地	−0.068 50	−73.65
	耕地-草地	0.003 18	8.18	草地-耕地	−0.008 95	−9.62
	其他土地-林地	0.005 91	15.21	水域收缩	−0.007 65	−8.23
	水域扩大	0.007 02	18.06	林地-其他土地	−0.003 04	−3.27
	其他土地-草地	0.015 84	40.75	草地-林地	−0.001 98	−2.13
2010—2020 年	其他土地-耕地	0.001 45	2.64	草地-耕地	−0.010 08	−32.12
	耕地-园地	0.003 06	5.59	草地-其他土地	−0.007 51	−23.94
	其他土地-林地	0.006 80	12.41	水域收缩	−0.005 60	−17.84
	水域扩大	0.011 36	20.72	林地-耕地	−0.002 43	−7.75
	其他土地-草地	0.029 84	54.42	园地-耕地	−0.001 85	−5.91

1990—2000年,使得生态环境质量向好发展的土地变化类型主要有其他土地转为林地、草地,两者的贡献率达到70%以上;在生态环境效应中起负向效应的主要有草地变成耕地,其他土地以及水域面积的收缩,三者的贡献率近90%。2000—2010年,使得生态环境质量向好发展的土地变化类型主要有其他土地转为草地以及水域的扩大,两者的贡献率达到50%以上;使得生态环境质量恶化的土地变化类型主要是草地的退化,其贡献率为73.65%。2010—2020年,使得生态环境质量向好发展的土地变化类型仍然是其他土地转为草地以及水域的扩大,两者的贡献率达到65%以上;起负向效应的主要有草地变成耕地,其他土地以及水域面积的收缩,三者的贡献率达到70%以上。总体来看,阿克苏地区生态环境质量对水域面积变化较为敏感,未来应合理利用水资源,科学确定耕地等其他地类的用地规模^[29-30],促进当地生态环境持续向好发展。

3 讨 论

干旱地区水资源短缺,生态环境脆弱,土地资源的开发利用需注重自然资源与生态环境的双重约束^[30-31]。干旱地区,没有灌溉就没有农业,农业用地的开发利用需消耗大量的水资源,如果超过水资源承载力则会造成土地沙化等生态环境问题,因此基于水资源量合理确定农业用地规模十分重要。此外,在农业用地内部,耕地、林地、园地和草地的耗水量也不同,耕地相较于草地,会消耗更多的水资源。本研究发现土地利用类型变化在生态环境效应中起负向效应的主要有草地变成耕地,其他土地以及水域面积的收缩,三者的贡献率近90%。常雪儿等^[8]、李娟等^[21]的研究也进一步证实了干旱地区耕地扩张对生态环境的负面影响。水资源是干旱地区土地利用的重要制约因素,未来要强化水资源管理,坚持以水定地,基于区域的农业可利用水资源总量,合理确定耕地等地类规模,对于超过规模的土地要逐步退出。

我国粮食安全形势仍然严峻,干旱地区作为重要的耕地后备资源,其合理开发利用十分重要^[32]。干旱地区的土地利用要坚持生态优先,兼顾农业生产和城市发展,通过合理划定生态保护区、农业生产区和城市发展区,优化土地利用结构和空间布局^[33]。干旱地区的生态环境尤为脆弱,传统粗放的

经营发展模式会加速对生态环境的破坏,未来要科学评价不同地区的土地适宜性,基于区域比较优势合理确定不同土地利用类型优先序^[34],同时立足于大食物观因地制宜确定土地利用路径,提升空间利用效率与适配性,促进绿色与高效发展^[35]。对于宜农空间,如河流周围的绿洲地区水资源丰富、地形平坦适宜发展农业,要提高农业现代化水平,实现集约化、规模化经营;对于不宜农空间,如沙漠区域水资源短缺,生态本底脆弱,不适宜进行过多人为扰动要及时退耕,可以发展牧业或者进行生态保育等^[34-36]。

本研究利用土地利用转移矩阵和土地利用类型生态贡献度模型从土地利用数量结构上揭示了不同土地利用类型变化与生态环境质量变化之间的内在联系^[37]。实际上,土地利用的强度和方式也会对生态环境问题产生较大影响,今后如果能够收集到更多的数据,可以进一步开展土地利用强度对生态环境的影响研究。此外,已有研究多通过构建生态环境质量指数^[15]、生态环境等级^[18]等方式从宏观角度衡量区域整体生态环境质量情况,容易忽略生态环境效应之间的差异性,如区域整体生态环境质量稳定,但并不意味着温室气体排放、水资源消耗等具体生态环境效应未发生改变^[37],未来在生态环境效应评价的指标选取上需更加多元化和具体化,能够凸显不同生态环境效应之间的差异性,以便更好为区域土地资源可持续开发利用提供理论支撑和决策依据。

4 结 论

本研究运用土地利用转移矩阵、单一和综合土地利用动态模型分析了阿克苏地区1990—2020年土地利用时空演变特征,并在此基础上利用生态环境质量指数分析了区域生态环境质量变化特征,最后利用生态贡献度模型来探究了不同土地利用类型变化带来的环境效应。主要结论如下:

1)阿克苏地区近30年土地利用变化特征可分为平缓、剧烈、活跃共3个阶段,土地利用类型变化多集中在草地的转出和耕地、园地、林地的转入。2000—2010年,沿阿克苏河支流周边有大量的草地转为耕地和林地,2010—2020年,在拜城县、温宿县、新和县其他土地较多地转变为草地,在柯坪县、阿克苏市以及沙雅县林地大范围扩张,其主要来源

是草地的转出;

2)阿克苏地区耕地呈“东西抱团”式散布于阿克苏地区中部的冲积平原区,耕地形状不规整、紧凑度低,且与建设用地之间穿插交错分布,造成斑块在空间尺度上的破碎化;

3)阿克苏地区生态环境质量整体不高,空间分布差异显著,其变化趋势与土地利用变化趋势保持高度一致。阿克苏地区生态环境质量高值区主要集中在研究区的北部,土地利用类型以草地和水域及水利设施用地为主;低值区主要集中在研究区的南部,土地利用类型以沙地、裸地和盐碱地为主;

4)阿克苏地区生态环境质量对水域面积变化较为敏感,耕地转变为林地、草地、园地以及水域面积的扩大是生态环境改善的重要因素;草地、林地转为耕地以及水域的收缩等,是造成生态环境退化的主要原因。

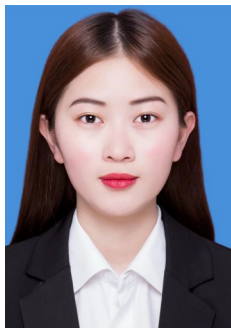
参考文献 References

- [1] 张宇硕,吴殿廷,吕晓. 土地利用/覆盖变化对生态系统服务的影响:空间尺度视角的研究综述[J]. 自然资源学报, 2020, 35(5): 1172-1189
Zhang Y S, Wu D T, Lv X. A review on the impact of land use/land cover change on ecosystem services from a spatial scale perspective[J]. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(5): 1172-1189 (in Chinese)
- [2] 刘彦随,陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究, 2002, 21(3): 324-330
Liu Y S, Chen B M. The study framework of land use cover change based on sustainable development in China[J]. *Geographical Research*, 2002, 21(3): 324-330 (in Chinese)
- [3] 刘钰. 东北三省粮食生产时空演变及生态足迹研究[D]. 北京:中国科学院大学, 2021
Liu Y. Research on spatial-temporal evolution of grain production and crop ecological footprint in Three Provinces of Northeast China[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2021 (in Chinese)
- [4] Lambin E F, Meyfroidt P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011, 108(9): 3465-3472
- [5] 孔冬艳,陈会广,吴孔森. 中国“三生空间”演变特征、生态环境效应及其影响因素[J]. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1116-1135
Kong D Y, Chen H G, Wu K S. The evolution of "Production-Living-Ecological" space, eco-environmental effects and its influencing factors in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(5): 1116-1135 (in Chinese)
- [6] 杜清,徐海量,凌红波,王希义,赵新风,张鹏. 克里雅河流域1990—2010年土地利用/覆被变化及其生态环境状况评价[J]. 水土保持研究, 2015, 22(3): 198-202
Du Q, Xu H L, Ling H B, Wang X Y, Zhao X F, Zhang P. Land use cover change and its ecological environment condition evaluation in the Keriya River Basin from 1990 to 2010[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2015, 22(3): 198-202 (in Chinese)
- [7] 王志杰,代磊. 黔中喀斯特山地城市土地利用/覆被变化及其生态效应评价:以贵阳市花溪区为例[J]. 生态学报, 2021, 41(9): 3429-3440
Wang Z J, Dai L. Assessment of land use cover changes and its ecological effect in karst mountainous cities in central Guizhou Province: Taking Huaxi District of Guiyang City as a case[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(9): 3429-3440 (in Chinese)
- [8] 常雪儿,汪洋,甄慧,夏婷婷,热米娜·沙塔尔. 1990—2018年新疆喀什噶尔河流域土地利用/覆被变化空间耦合及其生态效应[J]. 西南农业学报, 2022, 35(3): 596-607
Chang X E, Wang Y, Zhen H, Xia T T, Remina Shataer. Spatial couple of land use cover changes and its consequence for ecological systems in Kaxgar River Basin in Xinjiang from 1990 to 2018[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2022, 35(3): 596-607 (in Chinese)
- [9] 刘琦,任志远,李晶. 区域土地利用变化图谱分析及其生态效应评价:以太原市城区及近郊区为例[J]. 中国农业科学, 2007, 40(10): 2259-2266
Liu Q, Ren Z Y, Li J. Image analysis of regional land use change and its eco-environmental effects evaluative: A case study on urban and suburban area of Taiyuan City[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(10): 2259-2266 (in Chinese)
- [10] 于兴修,杨桂山,李恒鹏. 典型流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应:以浙江省西苕溪流域为例[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 13-19
Yu X X, Yang G S, Li H P. Land use/cover change of catchment and its landscape ecological effects: A case of Xitaoxi Catchment in Zhejiang Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(1): 13-19 (in Chinese)
- [11] 冯雨柯,翟石艳,姜昕彤,罗静静,闫培雪,董畅畅,韩嘉惠. 中原城市群“三生”空间模拟及生态效应评估:基于未来土地利用模拟模型和共享社会经济路径情景[J]. 生态学报, 2023, 43(20): 8292-8308
Feng Y K, Zhai S Y, Jiang X T, Luo J J, Yan P X, Dong C C, Han J H. Simulating spatio-temporal pattern of production-living-ecological space and evaluating eco-environmental effects in Zhongyuan Urban Agglomeration based on FLUS model and shared socioeconomic pathways[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, 43(20): 8292-8308 (in Chinese)
- [12] Xiang J W, Li X M, Xiao R B, Wang Y. Effects of land use transition on ecological vulnerability in poverty-stricken mountainous areas of China: A complex network approach[J]. *Journal of Environmental Management*, 2021, 297: 113206
- [13] 王林燕,汤江龙,张晓平. 2000—2020年南昌市土地利用时空变化及其生态环境效应[J]. 水土保持通报, 2022, 42(4): 286-292, 329
Wang L Y, Tang J L, Zhang X P. Temporal and spatial changes of land use and their eco-environmental effects in Nanchang City from 2000 to 2020[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2022, 42(4): 286-292, 329 (in Chinese)
- [14] Wen Q, Li J, Ding J M, Wang J. Evolutionary process and mechanism of population hollowing out in rural villages in the farming-pastoral ecotone of Northern China: A case study of Yanchi County, Ningxia[J]. *Land Use Policy*, 2023, 125: 106506
- [15] 杨清可,段学军,王磊,金志丰. 基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应:以长江三角洲核心区为例[J]. 地理科学, 2018, 38(1): 97-106
Yang Q K, Duan X J, Wang L, Jin Z F. Land use transformation based on ecological-production-living spaces and associated eco-environment effects: A case study in the Yangtze River Delta[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(1): 97-106 (in Chinese)
- [16] 胥梦娇,赵伟,蔡俊飞,杨羽佳. 基于土地利用变化的四川省凉山州移民生

- 态效应研究[J]. 生态学报, 2024, 44(8): 3241-3252
- Xu M J, Zhao W, Cai J F, Yang Y J. Ecological effects of resettlement based on land use change in Liangshan Yi Autonomous Prefecture of Sichuan Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(8): 3241-3252 (in Chinese)
- [17] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 徐新良, 秦元伟, 宁佳, 周万村, 张树文, 李仁东, 颜长珍, 吴世新, 史学正, 江南, 于东升, 潘贤章, 迟文峰. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14
- Liu J Y, Kuang W H, Zhang Z X, Xu X L, Qin Y W, Ning J, Zhou W C, Zhang S W, Li R D, Yan C Z, Wu S X, Shi X Z, Jiang N, Yu D S, Pan X Z, Chi W F. Spatiotemporal characteristics, patterns, and causes of land-use changes in China since the late 1980s [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 69(1): 3-14 (in Chinese)
- [18] Yang J E, Huang X. The 30m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth System Science Data*, 2021, 13(8): 3907-3925
- [19] 吴浩, 王艳慧, 张宇昂, 银朵朵, 时东. 三生视角下的土地利用转型及其生态环境效应[J]. 地理空间信息, 2023, 21(3): 80-85
- Wu H, Wang Y H, Zhang Y A, Yin D D, Shi D. Land-use transition and its eco-environmental effects from the perspective of Production-Ecological-Living space[J]. *Geospatial Information*, 2023, 21(3): 80-85 (in Chinese)
- [20] 刘希朝, 李效顺, 陈姜全, 张定祥, 沈春竹, 赵子龙. 江苏沿海地区“三生”功能空间演化及生态效应[J]. 生态经济, 2023, 39(8): 156-164
- Liu X Z, Li X S, Chen J Q, Zhang D X, Shen C Z, Zhao Z L. Production-Living-Ecological space evolution in Jiangsu coastal area and associated ecological effects[J]. *Ecological Economy*, 2023, 39(8): 156-164 (in Chinese)
- [21] 李娟, 张永福, 余婷婷, 闫瑞齐. 基于遥感生态指数的阿克苏地区生态质量时空变化及其驱动力[J]. 水土保持学报, 2023, 37(6): 333-340
- Li J, Zhang Y F, Yu T T, Yan R Q. Assessment of spatial-temporal changes of ecological environment quality and its driving force in Aksu Region based on remote sensing ecological index[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2023, 37(6): 333-340 (in Chinese)
- [22] GB/T 21010—2017. 土地利用现状分类[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017
- GB/T 21010—2017. Current land use classification[S]. Beijing: China Standard Publishing House, 2017 (in Chinese)
- [23] Wu J Y, Luo J G, Zhang H, Qin S, Yu M J. Projections of land use change and habitat quality assessment by coupling climate change and development patterns[J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 847: 157491
- [24] 杨宇, 刘毅, 金凤君, 董雯, 李莉. 塔里木河流域绿洲城镇发展与水土资源效益分析[J]. 地理学报, 2012, 67(2): 157-168
- Yang Y, Liu Y, Jin F J, Dong W, Li L. Spatio-temporal analysis of urbanization and land and water resources efficiency of oasis cities in Tarim River Basin[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(2): 157-168 (in Chinese)
- [25] 邓茂芝, 王英巍, 毛炜峰, 刘寿东. 阿克苏河流域公众气候变化感知及适应措施选择的差异分析[J]. 干旱区研究, 2012, 29(1): 17-26
- Deng M Z, Wang Y W, Mao W Z Y, Liu S D. Analysis on Differences of Perceptions and Adaptation Measure Choices about Climate Change in the Aksu River Basin[J]. *Arid Zone Research*, 2012, 29(1): 17-26 (in Chinese)
- [26] 阿曼妮萨·库尔班, 满苏尔·沙比提, 艾克旦·依萨克, 阿斯耶·奥布里塔里普, 昆比克·巴合吐尔汗. 近19年新疆阿克苏河流域耕地利用时空演变特征[J]. 中国水土保持科学(中英文), 2022, 20(3): 72-80
- Amannisa Kuerban, Mansuer Shabit, Aikedan Yisake, Asiya Aobulitalipu, Kunbike Bahetuerhan. Spatiotemporal evolution of arable land use in Aksu River Basin, Xinjiang in recent 19 years[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2022, 20(3): 72-80 (in Chinese)
- [27] 艾克旦·依萨克. 阿克苏河流域土地利用变化及生态安全预警研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2023
- Akida Essak. Study on land use change and ecological security early warning in Aksu River Basin[D]. Urumqi: Xinjiang Normal University, 2023 (in Chinese)
- [28] Yang, P, Xia, J, Zhan, C S, Mo X G, Chen X J, Hu S, Chen J. Estimation of water consumption for ecosystems based on Vegetation Interfaces Processes Model: A case study of the Aksu River Basin, Northwest China[J]. *Science of The Total Environment*, 2018(613): 186-195
- [29] 韩方红, 高凡, 何兵, 曹燕, 姚小晨. 1990—2020年阿克苏河流域土地利用碳排放时空轨迹与影响因素[J]. 环境科学, 2024, 1-14
- Han F H, Gao F, He B, Cao Y, Yao X C. Exploring the spatial and temporal trajectories of land use carbon emissions and influencing factors in the Aksu River Basin from 1990 to 2020[J]. *Environmental Science*, 2024, 1-14 (in Chinese)
- [30] 陈露, 潘启迪, 郭文华, 李超, 肖飞, 张玉韩, 孙丹峰, 孙强强. 基于限制性因子法的农用地适宜性评价研究: 以石羊河流域为例[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(5): 181-196
- Chen L, Pan Q D, Guo W H, Li C, Xiao F, Zhang Y H, Sun D F, Sun Q Q. Study on the suitability evaluation of agricultural land based on restrictive factor method: Taking Shiyang River Basin as study case[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(5): 181-196 (in Chinese)
- [31] 胡西武, 何福杰, 姚海艳, 张学妹. 青海省生态友好等级区识别、时空演化与地理探测: 基于“三生”空间视角[J]. 干旱区资源与环境, 2024, 38(2): 39-50
- Hu X W, He F J, Yao H Y, Zhang X M. Identification, spatial-temporal evolution, and geographical exploration of eco-friendly areas in Qinghai Province: A perspective of production; living-ecological spaces. *Journal of Arid Land Resources and Environment*. 2024, 38(2): 39-50 (in Chinese)
- [32] 高星, 刘泽伟, 李晨曦, 查理思, 宋昭颖, 张学儒. 基于“三生空间”的雄安新区土地利用功能转型与生态环境效应研究[J]. 生态学报, 2020, 40(20): 7113-7122
- Gao X, Liu Z W, Li C X, Zha L S, Song Z Y, Zhang X R. Land use function transformation in the Xiong'an New Area based on ecological-production-living spaces and associated eco-environment effects[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(20): 7113-7122 (in Chinese)
- [33] 高凡, 曹燕, 韩方红, 何兵. 基于3类空间变化的阿克苏河流域碳排放轨迹及生态环境效应[J]. 环境科学, 2024, 45(11): 6344-6353
- Gao F, Cao Y, Han F H, He B. Carbon emission trajectory and eco-environment effects in the Aksu River Basin based on Agriculture-Town-Ecological space changes[J]. *Environmental Science*. 2024, 45(11): 6344-6353 (in Chinese)
- [34] 施昶超, 金晓斌, 韩博, 梁鑫源, 王世磊, 孙瑞. 面向资源认知变化的耕地评价研究进展与展望[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(8): 237-250
- Shi Y C, Jin X B, Han B, Liang X Y, Wang S L, Sun R. Progress and future directions in cultivated land assessment research: A focus on

- changes in resource cognition [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(8): 237-250 (in Chinese)
- [35] 赵晶, 成靖文, 浦男萍, 谢恩怡, 赵振庭, 党昱譔, 廖宇波, 陈文广, 孔祥斌. 休养生息制度背景下耕地保护政策体系研究[J]. *中国农业大学学报*, 2024, 29(9): 1-14
- Zhao J, Cheng J W, Pu N P, Xie E Y, Zhao Z T, Dang Y X, Liao Y B, Chen W G, Kong X B. Research on the policy system of cultivated land protection under the background of rehabilitation system [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(9): 1-14 (in Chinese)
- [36] 高鸣, 宋嘉豪. 高质量提升粮食安全保障能力: 新发展理念视角[J]. *中国农业大学学报: 社会科学版*, 2024, 41(5): 50-65
- Gao M, Song J H. High-quality improvement of food security guarantee capability: From the perspective of new development philosophy [J]. *Journal of China Agricultural University: Social Sciences*, 2024, 41(5): 50-65 (in Chinese)
- [37] 李澍, 何国华, 赵勇, 姚园, 何凡, 李海红, 王浩. 供水工程影响下中国北方地区耕地后备资源开发潜力[J]. *农业工程学报*, 2024, 40(5): 264-274
- Li W, He G H, Zhao Y, Yao Y, He F, Li H H, Wang H. Potential for exploring cultivated land reserve resources under the influence of water supply project in Northern China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2024, 40(5): 264-274 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东



第一作者简介: 郑慧慧, 博士研究生, 现就读于中国农业大学土地科学与技术学院。本科期间获得校长一等奖学金和天津市人民政府奖学金; 硕士期间获得研究生国家奖学金。参与内蒙古自治区耕地后备资源审查、内蒙古自然资源高品质规划研究、第三次新疆综合科学考察课题等项目, 目前参与发表论文9篇, 其中以第一作者身份发表SCI论文1篇、中文核心论文2篇、EI论文1篇。



通讯作者简介: 徐艳, 博士, 副教授, 中国农业大学土地科学与技术学院博士生导师。现任中国土地学会学术工作委员会副秘书长、中国土地学会国土整治与生态修复分会副秘书长。主要从事土地利用与评价、土地整治等研究。主持国家自然科学基金项目、国家社会科学基金项目、农业农村部软科学项目等研究课题共计15项。在 *Water Resources Management*、*Land*、*Ecological Indicator* 等期刊发表学术论文40余篇, 出版学术专著2部, 获得省部级奖项4项。