

王雨,黄侃,白星雯,等.基于全球土地退化零增长监测体系构建的中国沙化土地监测体系及效果评估[J].中国沙漠,2023,43(1): 169-175.

基于全球土地退化零增长监测体系构建的中国沙化土地监测体系及效果评估

王雨,黄侃,白星雯,咎国盛,孙涛,孔祥吉

(国家林业和草原局林草调查规划院,北京 100714)

摘要: 土地荒漠化是非常重要的生态环境问题,而科学评价荒漠化治理和零增长目标是否实现的必要前提是具有完善统一的评价体系。为此,联合国防治荒漠化公约(UNCCD)提出了土地退化零增长(LDN)的概念和监测指标。防治土地退化是中国的重要生态目标,中国已开展了多次全国土地荒漠化和沙化监测工作。但是,如何将这些监测结果用于土地退化的评估实践,尚未见报道。因此,本研究针对中国四大沙地,利用3期全国荒漠化和沙化监测数据,与基于UNCCD框架体系下的土地退化零增长(LDN)指标进行对比分析,并基于土地沙化程度变化趋势提出了中国沙化土地退化指标体系(CSLDN)。结果表明:UNCCD所提出的LDN监测指标与中国的荒漠化监测数据总体精度为0.51,中国沙化土地监测指标与LDN指标具有宏观一致性。此外,经本地优化后的CSLDN指标克服了低植被盖度区域LDN对土地退化和恢复的评价不准确的问题,更准确刻画了精细尺度空间内的土地动态变化状况,对土地退化防治意义重大。

关键词: 土地退化; SDG15.3; 监测指标; LDN; 荒漠化和沙化土地监测

文章编号: 1000-694X(2023)01-169-07

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2022.00104

中图分类号: X830

文献标志码: A

0 引言

土地是生态系统的重要组成部分,不间断地为人类提供重要生产和生活资料。近年来,全球人口不断增加,对自然资源的需求日益增长,人们开始对自然资源过度开发,造成了包括土地退化在内的一系列生态环境问题。人类过度开发土地资源与生态环境恶化可能形成不可逆的负向循环,造成粮食安全、贫穷等社会问题。于是,联合国大会于2015年9月通过《变革我们的世界:2030年可持续发展议程》,明确提出了可持续发展目标(SDGs),特别是在SDG 15.3中明确说明了“要建立一个没有土地退化的世界”^[1-2]。后来,联合国防治沙漠化公约组织(UNCCD)提出了“土地退化零增长”(LDN)的定义,即“在某一时空尺度和生态系统中,能够支持生态系统功能和服务并维持粮食安全所必要的土地资源在数量和质量能够稳定或增加的状态”^[3],作

为治理全球土地退化的首要目标,并将其纳入SDG 15.3中作为2030年的具体实现目标。

然而,对如此广义的土地退化定义一度争议较大^[4-5],争议核心恰在于对退化过程、起因、特征与危害的分歧,这直接导致了不同土地退化评估结果差异巨大(全球4%~74%),严重影响了国际社会对全球土地退化真实状况的科学认知和准确判断,进而影响切实行动和有效防治。于是,UNCCD的科学政策平台(SPI)为了进一步明确LDN的实施规范及指导LDN监测体系的建立,提出了LDN科学概念框架,该框架包含5大模块:愿景目标、参考基准、平衡机制、干预措施和监测指标^[1,6]。特别是“监测指标”中明确指出了监测全球土地退化的基础指标:土地植被覆盖度、土地生产力和土壤有机碳,这对建立全球统一的土地退化识别标准提供了重要参考^[7]。UNCCD还在《SDG 15.3.1良好实践指南

收稿日期:2022-04-02; 改回日期:2022-07-18

资助项目:中国科学院战略性先导科技专项(XDA19090124)

作者简介:王雨(1996—),女,安徽宿州人,硕士研究生,主要从事荒漠化地区遥感监测研究。E-mail:1048524551@qq.com

通信作者:黄侃(E-mail:278941855@qq.com)

(2017)》明确给出了3个土地退化基础指标的定义、计算方法和推荐数据源^[1]。自此,土地退化与恢复评估有了全球统一的明确指标和评价标准,在理论上具有了较强的可操作性,成为了目前的研究热点^[8-10]。

2018年中国科学院启动了“地球大数据科学工程”,基于大量丰富的具有空间属性的地球大数据,瞄准SDGs的宏观目标和顶层设计,目前已经发表了三期关于地球大数据支撑可持续发展目标报告^[8-10],填补了国内这方面的研究空白。尤其针对土地退化,该报告不仅评估了LDN基准和研究进展,还优化了土地退化评估的监测指标,比如引入了激光雷达技术评测土地生产力、研发了联合多指标的土地生产力动态产品、提出了土壤表层有机质反演模型等。另外,该团队还搭建了基于云计算的SDGs在线云平台,推动了全球SDGs目标的落地,对监测能力相对落后的国家意义重大^[1]。

早在20世纪90年代,中国就已经认识到了土地退化(土地荒漠化、沙漠化)带来的重大环境和粮食安全问题,于1994年开展了首次全国荒漠化和沙化监测(以下简称CNDSIM)工作。经过不断改进和发展,中国的沙化监测体系目标明确,实施细则清晰,具有一整套完备的评价和监测手段^[11]。监测任务可以为全国各级行政单位提供各类型沙化土地、荒漠化土地、明显沙化趋势的土地的分布、面积和动态变化情况,并分析自然和社会经济因素对土地沙漠化和沙化过程的影响。对定期掌握中国荒漠化和沙化土地的动态变化、国家和地方实现可持续发展目标具有重大意义。不过,随着土地退化成为全球所关注的焦点问题,如何让CNDSIM与LDN接轨,将中国荒漠化和沙化多次国家监测结果用于土地退化的评估实践,继续在世界土地退化零增长的舞台上扮演好中国角色是现阶段需要亟须思考和解决的问题。

实现LDN与CNDSIM衔接的关键是两者具有相同的监测手段、相似的监测指标和类似的评价体系。监测手段上,LDN和CNDSIM都依赖专家知识判断和遥感对地观测手段;监测指标上,二者都包含了土地覆盖类型、植被覆盖状况、土壤质地等调查因子;评价体系上,LDN评价体系中包含了退化、恢复和稳定三类,而CNDSIM中荒漠化沙化程度则分为了非荒漠化、轻度、中度、重度、极重度5类。从理论上研判,两者可以统一标准进行对比分析。于

是,在立足于本国实地经验的基础上,本研究尝试对CNDSIM进行LDN转化并改进了评价指标,瞄准中国本地化2030年的SDG 15.3目标,推进全球SDG 15.3.1进程。为此,我们基于CNDSIM数据(第三、四、五次),以UNCCD设计的土地退化零增长监测框架为参考,选取了土地退化典型区域——中国的四大沙地(呼伦贝尔沙地、科尔沁沙地、浑善达克沙地、毛乌素沙地)及周边生态脆弱地区,与LDN指标体系进行对比分析;在此基础上提出了经本地化改进的中国沙化土地退化指标CSLDN(China Sandy Land Degradation Neutrality),并重点分析了中国四大沙地及周边地区土地退化零增长动态。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于中国北方农牧交错带上的呼伦贝尔沙地、科尔沁沙地、浑善达克沙地、毛乌素沙地四大沙地及周边地区,具体位置如图1所示。毛乌素沙地(37°27′—39°22′N、107°20′—111°30′E)位于陕西省榆林地区和内蒙古自治区鄂尔多斯市之间,约4.22万km²。海拔1100~1300m,地处鄂尔多斯高原和黄土高原的湖积冲积平原上。年均气温6~8℃,年降水量250~440mm,集中于夏季,常发生旱灾。东部和南部多耕地、西北方向多草地,农、林、牧多种用地经营粗放。科尔沁沙地(42°20′—44°28′N、113°30′—123°30′E)地处辽河平原,位于燕山山系以北、大兴安岭以东,是中国面积最大的沙地,约6.36万km²。地势南北高、中部低,西部高、东部低。年降水量300~400mm。呼伦贝尔沙地(47°20′—49°59′N、117°00′—121°10′E)位于内蒙古东北部的呼伦贝尔草原,地势由东向西逐渐降低,南高北低。年平均气温较低,约2.5℃,无霜期90d左右。生态破坏严重,固定沙丘、半固定沙丘和流沙均有广泛分布,面积约为0.74万km²。浑善达克沙地(42°10′—43°50′N、112°10′—116°30′E)位于内蒙古中部锡林郭勒草原南端,是离北京最近的沙源^[12],面积约为3.96万km²。地势西南高、东北低,平均海拔1300m。年平均气温1.5℃,全年降水达365mm,主要在夏季。

四大沙地面积广大,且由于历史和气候变迁等原因成因复杂,但是都对中国的生态造成了极大的

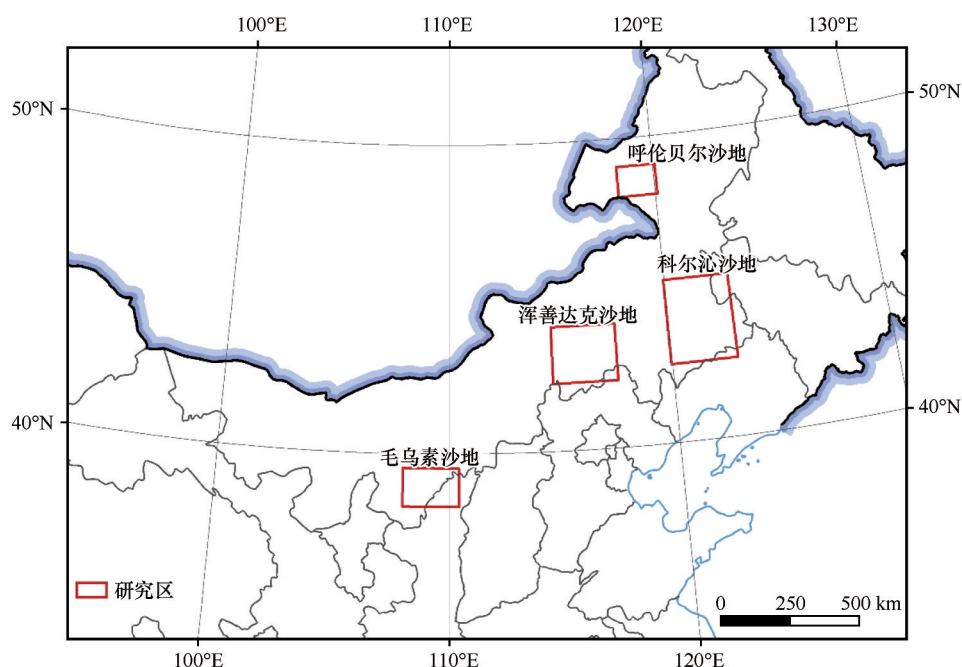


图1 研究区空间分布

Fig.1 Spatial distribution of the study areas

破坏和威胁^[13],带来了沙尘暴等自然灾害,对它们进行稳定监测和长期治理十分重要。

1.2 数据及处理

全国荒漠化和沙化监测工作自1994年开始,以5 a为一个周期,到目前为止已经开展了6次全国范围内的监测调查。主要目标是为国家和地方制定防沙治沙与防治荒漠化的政策和长远发展规划。主要监测范围是有沙化土地和明显沙化趋势土地、湿润指数0.05~0.65的地区。调查主要采用了遥感判读、地面调查、监测站观测等手段。最终经过层层质检和审核,得到了合格率在95%以上的全国调查图斑数据、沙化土地统计表格数据、全国荒漠化及沙化土地分布图等。本研究采用第三、四、五次的全国荒漠化和沙化土地监测数据作为实验数据。

LDN数据产品来自于中国科学院地球大数据科学工程(CASEarth)的云计算平台。CASEarth是中国科学院于2018年启动的一项战略级的全球遥感数据服务项目,服务SDGs便是该项目的重大目标。为此,该团队基于多元遥感数据对LDN的监测指标(植被覆盖、土地生产力、土壤有机碳)进行计算,发表了具有重大意义的国家尺度的土地退化零增长(LDN)报告^[8],提供了全球土地退化基准(2015年)及动态跟踪(2018年)结果。本文采用的是以

2000年为基准计算的2000—2015年全球土地退化LDN指数,针对每个次级指标的退化分析结果都采用“一个出局,全部出局”(1OAO)的方法进行整合,即3个次级指标中(植被覆盖、土地生产力、土壤有机碳)任何一个指标的显著减少或负变化都被视为构成土地退化,当且仅当所有次级指标均无显著变化趋势时视为稳定,而至少一个次级指标为显著增长或正变化其他指标不为显著减少或负变化时视为构成土地恢复。

由于土地沙化程度图斑数据与LDN监测数据在参考坐标系、空间分辨率等方面的差异,我们对图斑数据进行了栅格转换、重采样以及投影坐标转换等预处理,使其与空间分辨率为10 m的LDN数据产品进行匹配,最终保证两者误差不超过50 m。

1.3 研究方法

1.3.1 全国荒漠化和沙化土地监测数据LDN化

研究区内荒漠化和沙化土地监测数据显示沙化土地按照不同的沙化程度分为了0~4级,其中0是未沙化,1、2、3、4分别表示轻度、中度、重度和极重度沙化。在研究区内可以近似认为沙化程度的增长代表土地退化程度加重,反之亦然。基于此,对预处理后的三期沙化程度数据逐像元进行变化趋势分析,引入LDN的评价指标,并计算土地沙化程度变化指标:沙化程度整体趋势维持不变的像元

定义为 1—稳定,沙化程度趋势增长的像元定义为 2—退化,沙化程度趋势降低的像元定义为 3—恢复,由此得到与 LDN 对应的评价指标。在此基础上,利用土地沙化程度变化趋势指标,对四大沙地的 LDN 指标数据进行验证:以沙化程度变化趋势指数对研究区 LDN 结果进行逐像元对比分析,并利用混淆矩阵分析 LDN 整体精度。

1.3.2 CSLDN 拟合计算方法

在沙化程度变化趋势指标计算的基础上,以 UNCCD 设计的土地退化零增长监测框架为参考,利用三期沙化程度数据逐期的变化趋势,计算更精细的土地退化描述指标——中国沙化土地退化指数 CSLDN。在稳定、退化、恢复 3 种大类基础上进一步细分为:101—持续稳定、102—稳定并向恢复波动、103—稳定并向退化波动;201—持续(平稳)退化、202—波动退化;301—持续(平稳)恢复、302—波动恢复。具体的计算方式见表 1。

表 1 CSLDN 计算方式			
Table 1 Calculation method of CSLDN			
各次监测沙化程度对比			CSLDN
3~5 次	3~4 次	4~5 次	
0	0	0	101
0	1	-1	102
0	-1	1	103
-1	0 或 -1	0 或 -1	201
-1	-1	1	202
-1	1	-1	
1	0 或 1	0 或 1	301
1	-1	1	302
1	1	-1	

0 代表沙化程度无变化;1 代表沙化程度降低;-1 代表沙化程度升高。

2 结果与分析

2.1 LDN 指标对比

从表 2 可以发现,在相同时间段内四大沙地 LDN 与沙化程度的变化趋势整体一致,两者稳定的比例最为接近,其次是退化比例,最后是恢复比例。这表明在较大范围尺度上 LDN 指数能较好地反映中国土地沙化和荒漠化的整体退化状况,与中国的沙化和荒漠化监测指标具有较好的匹配。

表 2 沙化程度与 LDN 指数 3 类区域面积占比统计结果
Table 2 Area proportion of desertification degree and LDN index in three regions

指标	1(稳定)	2(退化)	3(恢复)
LDN	61.75%	5.11%	33.13%
沙化程度	66.63%	11.30%	22.08%

四大沙地研究区逐像元对比验证总体精度为 0.51, Kappa 系数仅有 0.0394(表 3)。3 种类型区域中稳定区域分类精度相对较高,退化区域分类精度最低,漏分误差和错分误差均较高。退化区域精度过低一方面可能是退化区域面积本身占比极低,同样数量的错分像元可能引起的错分、漏分误差相对较大;而在另一方面,LDN 退化指标计算最重要的因子之一是植被生长状况,而在土地相对较为贫瘠、植被极为稀疏的沙化土地及周边地区,植被的细微退化往往从大尺度上很难被监测和区分,这将可能导致 LDN 指标将退化区域错分为稳定区域,在统计数据上也可以看出大部分错分的退化区域被划分为稳定区域。这在一定程度上表明 LDN 对植被稀疏地区的退化土地敏感性较低。

表3 LDN验证结果混淆矩阵						
Table 3 Confusion matrix of LDN validation result						
		LDN			合计	用户精度
		1(稳定)	2(退化)	3(恢复)		
沙化程度	1(稳定)	189 369	15 611	92 947	297 927	0.64
	2(退化)	28 181	3 006	19 323	50 510	0.06
	3(恢复)	58 587	4 251	35 885	98 723	0.36
	合计	276 137	22 868	148 155	447 160	
	制图精度	0.69	0.13	0.24	总体精度	0.51

2.2 CSLDN 指标计算结果与分析

整体上沙化土地退化趋势向好,各个研究区稳定面积占比最大,其中持续稳定面积占比 58.71%,稳定向恢复波动占 4.20%,稳定向退化波动占 2.48%;其次是恢复面积占比,其中持续恢复占 18.32%,波动恢复占 4.48%;退化土地面积占最小,仅有 10%左右(图 2)。但是不同土地覆盖类型的土地退化形势也有一定的差异。在四大沙地研究区,林地、草地和荒地的恢复面积要大于退化面积,耕地的恢复面积小于退化面积,而从退化与恢复比统计中也不难发现荒地和林地的恢复要好于草地,耕地则出现了

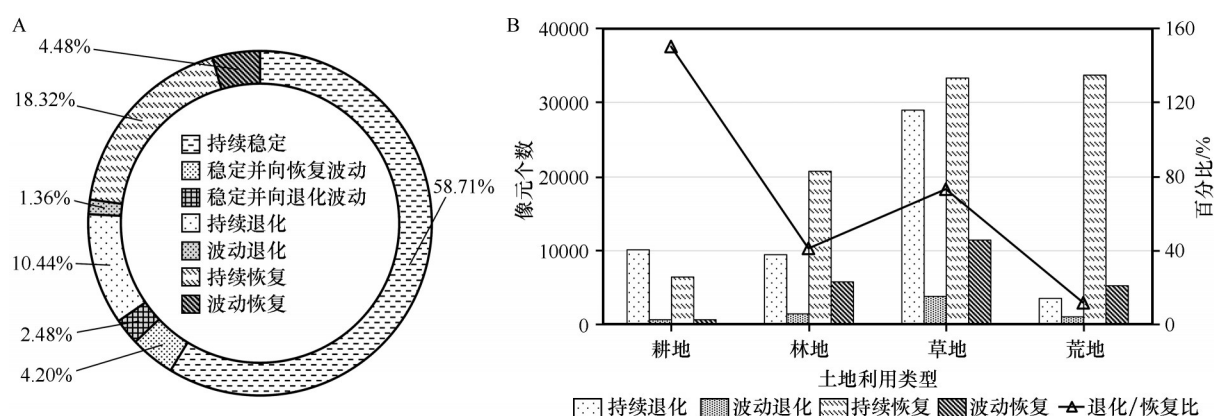


图2 中国四大沙地2004—2014年土地退化状况

Fig.2 Land degradation of the four Sandy Lands in China from 2004 to 2014

退化的趋势。其中草地尽管存在一定退化但恢复比例更大,只有耕地面临一定的退化风险,当前耕地的退化与恢复面积占比分别为13.36%和8.88%,退化/恢复面积比超过了1.5,退化明显,这主要是因为沙化研究区的沙地面积广大且绝大多数沙地不适合进行耕种,而开荒进一步破坏了当地土壤并对当地植被造成较大破坏,给当地生态系统带来了较大压力。

CSLDN指数显示四大沙地稳定和恢复区域面积占比最大;呼伦贝尔沙地和浑善达沙地的持续稳定区域较多,稳定向波动恢复的面积要高于稳定向波动退化的面积,而持续退化区域和持续恢复区域分布集中,且持续恢复面积大于持续退化面积,波动退化和波动恢复在整体退化和恢复的区域中面积占比较小,说明该区域整体向恢复发展,波动较小,恢复态势平稳;科尔沁沙地和毛乌素沙地恢复面积和退化面积占主要部分,沙地动态变化较为频繁,其中持续恢复面积远大于波动恢复面积,整体恢复平稳(图3)。

从图3也可以对比看出,LDN与CSLDN指数的稳定区域一致性相对较好,但是退化和恢复区域一致性均较低。特别是呼伦贝尔沙地和毛乌素沙地内,两者的退化恢复区域几乎相反,科尔沁沙地和浑善达克沙地存在不同程度的恢复区域与稳定区域的混分问题,由此能反映出基于植被盖度等数据制定的LDN指标在小区域尺度上对沙化土地退化和恢复区域的判别精度较低,不能完全反映沙化土地的土地更新情况,因此CSLDN的提出弥补了LDN在监测沙地变化的短板,对中国沙化土地监测和评估意义重大。

3 讨论与展望

本研究参考UNCCD《SDG 15.3.1评估良好实践指南(2017)》中的相关评价方法,利用3次全国荒漠化和沙化土地监测数据中与土地退化最直接的因子——沙化程度,实现了SDG 15.3.1退化土地动态变化的监测,与LDN监测数据进行了一系列对比分析,并在此基础上提出了更适用于中国的沙化土地退化趋势评价指标CSLDN,进一步评估了中国沙化土地退化零增长趋势,为争取中国SDG 15.3.1的实现提供了重要信息支持。

本研究借鉴了SDG 15.3.1相关评估方式,但是采用的数据主要针对国内沙化土地退化零增长评估。因此该结果不能反映各种地貌地类退化状况,在更大范围或者全球尺度推广时需要考虑更细致以及更具有针对性的优化。案例成果实现了小尺度的中国沙化土地退化零增长评估,为全球一致可比的大尺度评估体系提供了理论基础和典型区域的标准数据。

基于地面调查监测数据用更直接的方式评估了中国四大沙地沙化退化土地变化趋势。从整体上看趋势与LDN基本一致,稳定与恢复面积占比较大、退化面积占比很小。这也能从地面情况中反映中国四大沙地区域土地退化趋势整体向好发展。

需要指出的是,监测数据时间尺度是2004—2014年,与LDN数据基准年份2000年有一定的差别,但是对于整体趋势的评估影响较小。另一方面,由于沙地生态系统植被稀疏,地表覆盖类型相对较少且变化幅度相对其他区域较为不明显,因此本案例仅用到了沙化程度指标来验证LDN与评价沙化土地退化趋势,未考虑本地区植被变化与地表

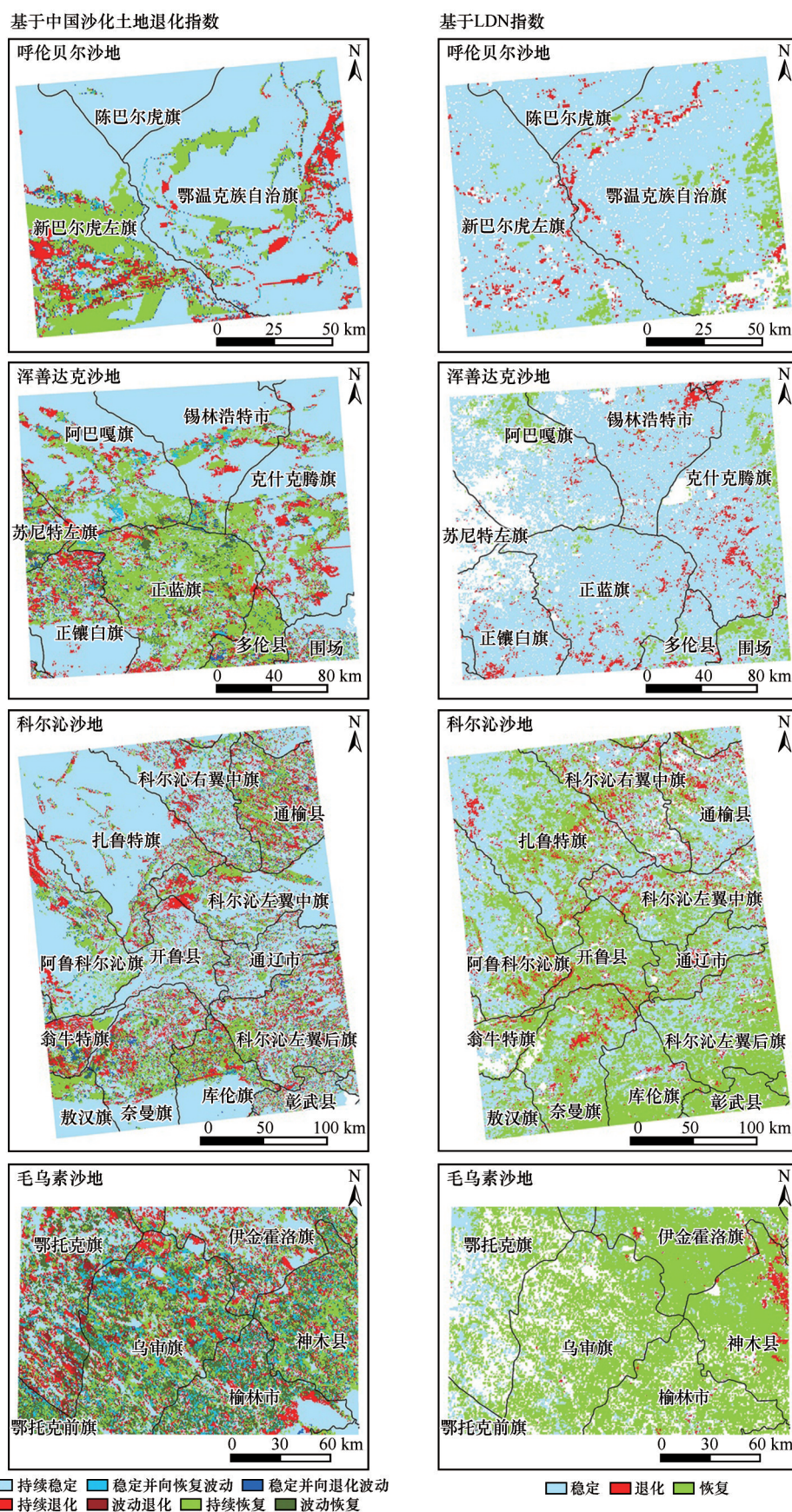


图3 2004—2014年四大沙地基于中国沙化土地退化指数(CSLDN,左)与联合国全球土地退化零增长指数(LDN,右)土地退化空间分布

Fig.3 Spatial distribution of land degradation index (left) and LDN index (right) of the four Sandy Lands from 2004 to 2014

覆盖变化以及土壤碳变化情况。未来可以尝试在相同的技术框架下结合监测数据的植被覆盖度与地表覆盖类型参数以及搜集其他相关参数进行更深入的验证工作,提高本案例数据与方法对其他生态系统评估的适用性,以此提升土地退化零增长监测方法体系与能力,为2030年实现更高水平土地退化零增长提供支撑。

参考文献:

- [1] 李晓松,卢琦,贾晓霞.地球大数据促进土地退化零增长目标实现:实践与展望[J].中国科学院院刊,2021,36(8):896-903.
- [2] United Nations.Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development [DB/OL].(2015-09-02)[2022-03-23].<https://sdgs.un.org/2030agenda>.
- [3] Lewell A, Aronson J, Winterhalder K. The SER international primer on ecological restoration [J]. Ecological Restoration, 2004,2(2):206-207.
- [4] Safriel U.Land Degradation Neutrality (LDN) in drylands and beyond-Where has it come from and where does it go[J].Silva Fennica,2017,51(1B):20-24.
- [5] Akhtar-Schuster M, Stringer L C, Erlewein A, et al.Unpacking the concept of land degradation neutrality and addressing its operation through the Rio Conventions [J]. Journal of Environmental Management,2017,195:4-15.
- [6] 袁帅,陈俊翰,卢琦.土地退化零增长概念框架及我国践行启示[J].世界林业研究,2020,33(5):7-12.
- [7] UNE,ISO.环境管理制度防治土地退化和荒漠化良好做法指南第1部分:良好做法框架:ISO 14055-1-2018[S].2018.
- [8] 郭华东.地球大数据支撑可持续发展目标报告(2019)[R].北京:科学出版社,2019.
- [9] 郭华东.地球大数据支撑可持续发展目标报告(2020)[R].北京:科学出版社,2020.
- [10] 郭华东.地球大数据支撑可持续发展目标报告(2021)[R].北京:科学出版社,2021.
- [11] 屠志方,李梦先,孙涛.第五次全国荒漠化和沙化监测结果及分析[J].林业资源管理,2016(1):1-5.
- [12] 陈黔.基于 Google Earth Engine 的中国北方四大沙地灌木覆盖度估算[D].贵阳:贵州师范大学,2019.
- [13] 朱芳莹.中国北方四大沙地近30年来的沙漠化时空变化及气候影响[D].南京:南京大学,2015.

Monitoring and evaluation of sandy lands in China and its improvement based on monitoring system of global Land Degradation Neutrality

Wang Yu, Huang Kan, Bai Xingwen, Zan Guosheng, Sun Tao, Kong Xiangji

(Academy of Forestry Inventory and Planning, National Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: Land desertification is a very important ecological and environmental problem, and the necessary prerequisite for desertification control and zero-growth goals is to have a complete and unified evaluation system. Therefore, the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) proposed the concept and monitoring indicators of Land Degradation Neutrality (LDN). The prevention and control of soil degradation is also one of the important ecological goals to be achieved in China. China has carried out several national desertification and sandification survey. However, how to use the survey results in the assessment practice of land degradation has not been reported yet. Therefore, aiming at the typical areas of four major sandy land in China, this study makes a comparative analysis of LDN indicators based on the framework system of UNCCD by using three phases of national desertification and sandification survey data, and proposes a desertification land degradation indicator system CLSDN that is more suitable for this region based on the change trend of land desertification degree. The results show that the overall accuracy of the LDN monitoring indicators proposed by UNCCD and the desertification monitoring data in China is 0.51, and China's desertification land monitoring indicators and LDN indicators have macro consistency. In addition, the locally optimized CSLDN index overcomes the problem of inaccurate evaluation of land degradation and restoration by LDN in low vegetation coverage areas, and more accurately depicts the dynamic changes of land in fine-scale space, which is of great significance to the prevention and control of land degradation.

Key words: land degradation; SDG15.3; monitoring indicators; LDN; desertification and sandification land monitoring