DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2026.06.016 CSTR:32311.14.rswc.2026.06.016
常诚, 杨诗韵, 张岐, 等. 东北黑土区侵蚀沟治理时空特征分析[J]. 水土保持研究,2026,33(6):66-74.
Chang Cheng, Yang Shiyun, Zhang Qi, et al. Analysis of spatiotemporal characteristics of gully erosion control in black soil region of Northeast China [J]. Research of Soil and Water Conservation,2026,33(6):66-74.

东北黑土区侵蚀沟治理时空特征分析

常 诚[1], 杨诗韵[2], 张 岐[3], 刘 博[2], 钟云飞[1], 张庭瑞[2], 吴一凡[2]
(1.松辽水利委员会 松辽流域水土保持监测中心站, 长春 130021;
2.吉林农业大学 资源与环境学院, 长春 130118; 3.蛟河市水资源管理中心, 吉林 蛟河 132500)

摘 要:[目的]厘清我国东北黑土区侵蚀沟治理的时空特征与现存问题,从而为加速侵蚀沟治理、筑牢国家粮食安全根基提供理论依据。[方法]基于2011—2020年国家水土保持重点工程数据库,选取东北黑土区476个样本项目,通过提取其侵蚀沟数量、治理措施与投资金额等核心数据,并采用描述性统计与趋势分析法展开了研究。[结果]侵蚀沟治理数量以黑龙江(30.47%)、吉林(26.38%)、辽宁(23.73%)和内蒙古(19.43%)依次分布;投资总额呈增长态势,其中辽宁、吉林两省后期投资占同期总量的62.51%,各省投资呈现差异化增长模式;治理措施以工程为主(>70%),重点技术集中于谷坊、沟头防护等关键环节,占比超80%,同时辅以林草措施形成了短期固沟与长期防护相结合的技术体系。[结论]东北黑土区侵蚀沟治理呈现投资区域、治理时序不均衡的特征;各省区形成了因地制宜的差异化治理措施组合。

关键词:东北黑土区; 侵蚀沟治理; 投资分析; 治理措施; 时空特征
中图分类号:S157.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-3409(2026)06-0066-09

Analysis of spatiotemporal characteristics of gully erosion control in black soil region of Northeast China

Chang Cheng[1], Yang Shiyun[2], Zhang Qi[3], Liu Bo[2], Zhong Yunfei[1], Zhang Tingrui[2], Wu Yifan[2]
(1.*The Monitoring Center of Soil and Water Conservation, Songliao Water Resources Commission, Changchun* 130021, *China*; 2.*College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun* 130118, *China*; 3.*Water Resources Management Center of Jiaohe City, Jiaohe, Jilin* 132500, *China*)

Abstract: [**Objective**] This study clarifies the spatiotemporal characteristics and existing problems of gully erosion control in the black soil region of Northeast China, thereby providing a theoretical basis for accelerating gully erosion control and consolidating the foundation of national food security. [**Methods**] Based on the National Key Soil and Water Conservation Project Database from 2011 to 2020, 476 sample projects in the black soil region of Northeast China were selected. Core data, including the number of eroded gullies, control measures, and investment amounts, were extracted, and descriptive statistics and trend analysis were then employed. [**Results**] The number of controlled eroded gullies was distributed in the order of Heilongjiang (30.47%), Jilin (26.38%), Liaoning (23.73%), and Inner Mongolia (19.43%). The total investment showed an increasing trend, with Liaoning and Jilin accounting for 62.51% of the total investment in the later period, while the investment in each province exhibited a differentiated growth pattern. Engineering measures dominated the control measures (>70%), with key technologies focusing on critical links such as check dams and gully head protection, accounting for over 80%. Meanwhile, forest and grass measures were supplemented, forming a technical system combining short-term gully

收稿日期:2025-12-10 **修回日期:**2026-01-02 **接受日期:**2026-01-09
资助项目:国家重点研发计划(2024YFD1501203);吉林省教育厅科学技术研究项目优秀青年项目(JJKH20261826KJ);国家自然科学基金(42407479)
第一作者:常诚(1986—),男,吉林长春人,硕士,高级工程师,主要从事水土保持监测研究。E-mail:21230766@qq.com
通信作者:刘博(1993—),男,辽宁铁岭人,博士,讲师,主要从事冻融侵蚀研究。E-mail:liubo93@jlau.edu.cn

stabilization and long-term protection. [**Conclusion**] Gully erosion control in the black soil region of Northeast China is characterized by unbalanced investment distribution among regions and uneven temporal distribution of control efforts. Each province and region has developed differentiated combinations of control measures adapted to local conditions.

Keywords: black soil region of Northeast China; gully erosion control; investment analysis; control measures; spatiotemporal characteristics

东北黑土区土地肥沃,粮食产量高,是保障我国粮食安全的基石,具有极其重要的战略地位[1-3]。然而,由于自然因素制约以及高强度的开垦利用,该区域水土流失问题严重,沟道侵蚀为其主要形式,水利部2023年公布的数据显示东北黑土区侵蚀沟数量为66.67万条,沟道总长度为2.30×10^5 km,沟道总面积为4 029.57 km^2,且约有75%的侵蚀沟在耕地中形成并发育,其中切沟侵蚀对农田的破坏尤为显著[4-9]。侵蚀沟在发育过程中直接损毁农田、引发土壤退化(如有机质下降、耕层变薄),据统计,东北黑土区侵蚀沟直接损毁约2.79×10^5 hm^2耕地,导致农作物减产;同时破坏生态环境,其影响由农业生产延伸至生态安全,对国家粮食安全与区域生态稳定构成严重威胁[10-13]。因此,东北黑土区侵蚀沟治理刻不容缓。

早在2010年2月,修订的《中华人民共和国水土保持法》中就指出要在水力侵蚀地区进行坡耕地和沟道水土流失综合治理。再到2016年12月,国务院印发的"十三五"生态环境保护规划中明确指出,要"推进东北黑土区侵蚀沟治理"。尤其在2022年8月,《中华人民共和国黑土地保护法》正式施行,标志着黑土地保护进入了法治化阶段,为该区域水土保持与土地可持续利用提供了明确的法律依据和制度保障[6,14-15]。值得注意的是,目前针对东北黑土区沟蚀问题的研究,大多集中于水土流失过程解析、土壤侵蚀机理探讨,以及基于上述过程的机器学习模型构建,而较少从综合治理实践出发,开展系统性的治理成效评估与模式优化研究[16-21]。

为弥补当前研究存在的不足,并积极响应国家关于黑土地保护与可持续利用的战略部署,本文聚焦东北黑土区侵蚀沟综合治理这一关键议题,基于2011—2020年该区域实施的侵蚀沟治理项目资料,开展系统梳理与深入分析。系统提取出侵蚀沟数量、治理措施配置和投资金额等信息,采用时间序列趋势分析,考察上述核心变量在10 a间的变化轨迹与阶段性特征,旨在系统揭示近10 a来东北黑土区侵蚀沟治理的重点、措施配置与资金投入的动态演变规律。从而为今后治理策略的优化与创新提供理论参考与决策依据,以进一步支撑我国粮食产能巩固与区域生态安全维护的双重目标。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

东北黑土区位于我国的东北部,以黑色表层土为主要地面组成物质,土壤肥沃,是我国重要的商品粮生产基地,北侧临黑龙江、东侧临乌苏里江与俄罗斯相望,东南临图们江、鸭绿江与朝鲜相邻,南至辽河,西南达七老图山—浑善达克沙地—内蒙古高原一脉,西侧与蒙古国接壤。其行政区域包括黑龙江省、吉林省、辽宁省以及内蒙古自治区东四盟地区(118°53′—135°5′E,38°43′—53°33′N),共246个县(市、区、旗),总面积为124.86万 km^2,其中耕地37.50万 km^2[2,22]。东北黑土区粮食总产量为全国的1/4,商品粮率高,占全国的1/3,是保障国家粮食安全的"压舱石"[23-24]。

1.2　数据来源

本研究数据来源于全国水土保持信息管理系统(采集截止日期为2020年12月31日),共获取2011—2020年东北黑土区(涵盖辽宁省部分地区、吉林省、黑龙江省及内蒙古自治区东四盟)实施的626个侵蚀沟治理项目。资助项目构成如下:国家农业综合开发水土保持项目(2008—2013年)293项(46.81%);国家农业综合开发水土保持项目(2014—2019年)138项(22.04%);以及水利部农业综合开发黑土区侵蚀沟治理和黄土高原塬面保护实施规划195项(31.15%),项目具体空间分布详见表1。

表1　东北黑土区侵蚀沟治理资助项目

Table 1　Funded projects for gully erosion control in black soil region of Northeast China　　个

治理项目类型	辽宁省	吉林省	黑龙江省	内蒙古自治区
国家农业综合开发水土保持项目实施规划(2008—2013年)	55	79	139	20
国家农业综合开发水土保持项目实施规划(2014—2019年)	29	55	28	26
水利部农业综合开发东北黑土区侵蚀沟综合治理和黄土高原塬面保护实施规划	63	44	56	32

经筛选，剔除文件缺失、损坏无法打开及无法提取侵蚀沟数量的项目后，最终保留476个项目样本（占总数的76.04%）用于研究分析。特别说明，黑龙江省在2017年无可用项目数据；辽宁省数据不包含朝阳市及阜新市（除彰武县外）的非黑土区；内蒙古自治区数据包括呼伦贝尔市、赤峰市、通辽市和兴安盟；黑龙江省数据包含地方行政与农垦局。

1.3 研究方法

为确保研究的系统性和针对性，本研究以国家水土保持重点工程数据库中存档的项目实施方案为数据基础，系统提取侵蚀沟数量、投资金额以及治理措施类型与配置3类核心数据，用以分别反映治理需求、工程内容与资源投入情况。

本研究综合运用以下分析方法对东北黑土区侵蚀沟治理特征进行探究：首先，采用描述性统计对样本各变量的分布特征进行概括，以把握整体状况；其次，通过时间序列趋势分析，揭示2011—2020年关键指标的动态变化规律；最后，引入治理措施共现分析，旨在识别不同省份在治理措施组合上的关联性、相似性及特化倾向。在分析工具方面，治理措施相关数据处理与统计主要基于Python编程语言完成，共现矩阵及统计结果通过相应可视化模块实现图形化展示，以提升结果表达的直观性与解释力。

2 结果与分析

2.1 侵蚀沟治理数量整体情况

2011—2020年东北黑土区共治理侵蚀沟8 746条，均为发展型（小、中型）沟壑，治理总面积达6 037.81 hm^2[25-26]。图1直观反映出东北黑土区侵蚀沟治理数量呈现四周密、中间疏的特点，结合东北黑土区地形能够得出侵蚀沟在其地势起伏大的坡面发生、发展密集，同时也是东北黑土区侵蚀沟治理的重点区域。

统计数据表明，侵蚀沟治理数量在69～127条、128～220条、221～453条的县占比分别为4.89%，5.20%，2.45%。其中，吉林省四平伊通满族自治县等11个县共治理2 023条；辽宁省开原市等10个县共治理1 851条；黑龙江省嫩江市等13个县共治理1 795条；内蒙古自治区莫力达瓦达斡尔族自治旗等7个旗共治理1 577条。相比之下，侵蚀沟治理数量低于69条的县占全区的87.46%。各县侵蚀沟治理数量的占比差异表明，东北黑土区10年间侵蚀沟治理投入空间上存在不均衡的特点。

从治理总量的时空分布来看（图2），各省区差异显著且阶段特征分明。2011—2020年黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古4省区的治理数量占比分别为30.47%，26.38%，23.73%和19.43%，其中黑龙江省的治理总量最为突出，为2 665条。从时间序列分析，全域治理数量呈波动增长趋势，具体表现为2011—2015年的下降期与2016—2020年的回升期。各省区的时序特征分异明显：黑龙江省的治理呈现出两个高峰（2011—2013年、2019—2020年），年均治理量超过450条；辽宁、吉林两省的治理工作高度集中于2017—2020年，该阶段治理总量（3 381条）达前一阶段（2011—2016年）的3倍；内蒙古自治区则保持稳定增长，其2016—2020年的治理总量较上一个5年增长了37.62%。结果表明，近10年来侵蚀沟治理持续开展，但治理重心在时序与空间上均呈现集聚态势，黑龙江省处于核心地位。

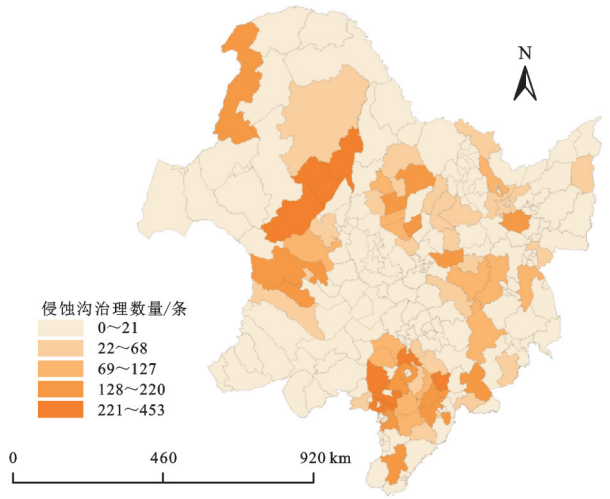


图1 东北黑土区侵蚀沟治理数量空间分布热图

Fig. 1 Heatmap of spatial distribution of number of controlled eroded gullies in the black soil region of Northeast China

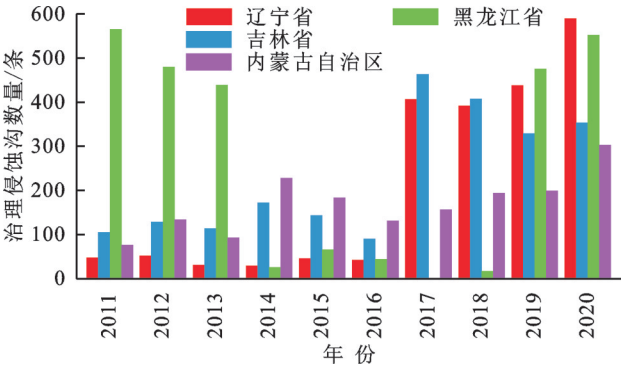


图2 东北黑土区侵蚀沟治理数量分布

Fig. 2 Distribution of number of controlled eroded gullies in black soil region of Northeast China

2.2 侵蚀沟治理总投资概况

东北黑土区2011—2020年侵蚀沟治理总投资为24.95亿元（表2），其资金构成为中央投资（17.72亿元）和地方配套（7.14亿元），二者比例约为7∶3。从区域分布分析，投资额度占比由高至低依次为辽宁

省(29.94%)、黑龙江省(25.93%)、吉林省(24.01%)及内蒙古自治区(20.12%)。

表 2　东北黑土区侵蚀沟治理资金来源

Table 2　Funding sources for gully erosion control in black soil region of Northeast China　　亿元

资金		辽宁省	吉林省	黑龙江省	内蒙古自治区
资金来源	中央投资	4.80	4.60	4.80	3.52
	地方配套	2.67	1.39	1.64	1.44
资金来源未分清		0	0	0.03	0.06
合计		7.47	5.99	6.47	5.02

整体而言,东北黑土区侵蚀沟治理投资呈上升趋势。统计数据显示,“十二五”期间,总投资额为8.52亿元,且呈持续回落态势;进入“十三五”期间,总投资额大幅增长至16.43亿元,约为前期的1.93倍。2016—2020年投资额的复合年增长率高达36.5%,这表明侵蚀沟治理力度在“十三五”时期得到了增强。

各省区侵蚀沟治理投资特征如图3所示,整体上,东北黑土区的侵蚀沟治理投资在“十三五”期间大幅增加,2017—2020年年投资均突破亿元,反映出治理力度的整体提升。辽宁、吉林两省后期投入突出,“十三五”期间共投入10.33亿元,占同期东北黑土区侵蚀沟治理投资总额的62.51%,呈现明显的空间集聚特征。

各省投资增长模式存在明显差异:吉林省于2017年达到峰值(1.30亿元),呈阶梯增长型;辽宁、黑龙江、内蒙古三省均在2020年达峰,分别投入1.67亿元、1.63亿元和0.85亿元。其中,黑龙江省在2014—2018年投资仅0.59亿元,占该省10 a总投资的9.12%,呈“倒梯形”增长;辽宁省为后期跃升型;内蒙古则为持续增长型。这表明各省区在治理推进节奏上具有明显的差异化特征。

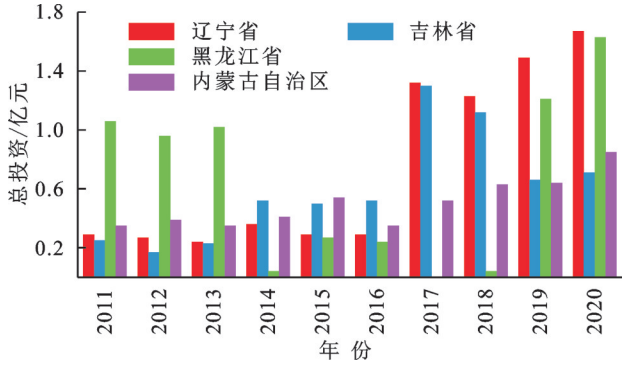


图 3　东北黑土区侵蚀沟治理各年投资

Fig. 3　Annual investment in gully erosion control in black soil region of Northeast China

2.3　单沟治理投资分析

单沟治理投资是年度总投资与治理沟道总数之比,即治理单条侵蚀沟的平均费用。作为成本效益分析的指标,反映了单位侵蚀沟治理的平均资金投入水平。东北黑土区各省区年平均单沟治理投资依次为辽宁省36.00万元、内蒙古自治区29.54万元、吉林省25.95万元、黑龙江省24.30万元,全区平均值为28.53万元/条。与平均水平相比,辽宁、内蒙古分别高出26%和4%,吉林、黑龙江则分别低于9%和15%。整体上,各省区单沟治理投资呈现由辽宁、内蒙古、吉林至黑龙江依次递减的格局,反映出区域治理资金投入存在明显的省际不均衡特征。

图4展示了2011—2020年辽宁、吉林、黑龙江及内蒙古4省区逐年单沟治理投资费用及其在东北黑土区范围内的平均值,从图中可以看出,辽宁省在侵蚀沟治理中的单沟投资强度显著高于其他省区及区域平均水平。辽宁省单沟治理投资金额为(28.34~125.76)万元/条,且在2017年之前一直高于东北黑土区侵蚀沟单沟治理的平均水平。内蒙古自治区投资区间为(17.76~46.58)万元/条,2011—2014年显著下降(降幅61.87%),2015—2020年趋于平稳;吉林与黑龙江两省投资水平变化趋势相近,区间分别为(13.21~57.99)万元/条和(15.00~53.61)万元/条;两省在2011—2016年均呈增长态势;2017—2020年吉林省有所回落后呈小幅度波动变化,三省区单沟治理投资与平均水平相近。可直观看出,各省区单沟治理投资费用在2017年后逐渐向一致化标准发展,趋于统一。

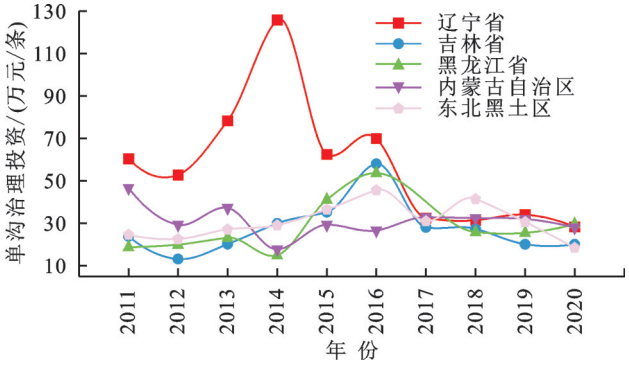


图 4　东北黑土区单沟治理投资

Fig. 4　Investment in single gully erosion control in black soil region of Northeast China

2.4　侵蚀沟治理措施投资分析

2011—2020年东北黑土区侵蚀沟治理总投资中,沟道治理措施投入达17.88亿元,占总投资的71.65%,为核心成本。侵蚀沟治理措施以工程措施、林草措施和复垦措施3种形式为主,本研究中复垦措施仅在内蒙古自治区2018年的项目中出现一次,已并入工程措施投资统计[27]。

如图5所示,2011—2020年东北黑土区4省区侵蚀沟治理投入结构呈现明显的工程措施主导特征,各

省区工程措施占比普遍超过70%，林草措施占比多数年份不足20%。辽宁、吉林两省在2011—2016年工程措施与林草措施投入比例基本相当，自2017年后工程措施投入占主体地位；黑龙江省、内蒙古自治区则是工程措施投入一直占据主体。就工程措施费用变化分析，辽宁省、吉林省、内蒙古自治区三省区在2016—2020年进入快速增长阶段，相比2016年，三省区2017年的增长率分别为609.65%，1 550.74%，318.17%。10 a期间，林草措施费用有小幅上升，但整体仍处于辅助地位。这些投资数据的变化反映了各地区在侵蚀沟治理资金投入上的差异，同时在一定程度上也折射出不同地区对生态环境治理策略的不同。

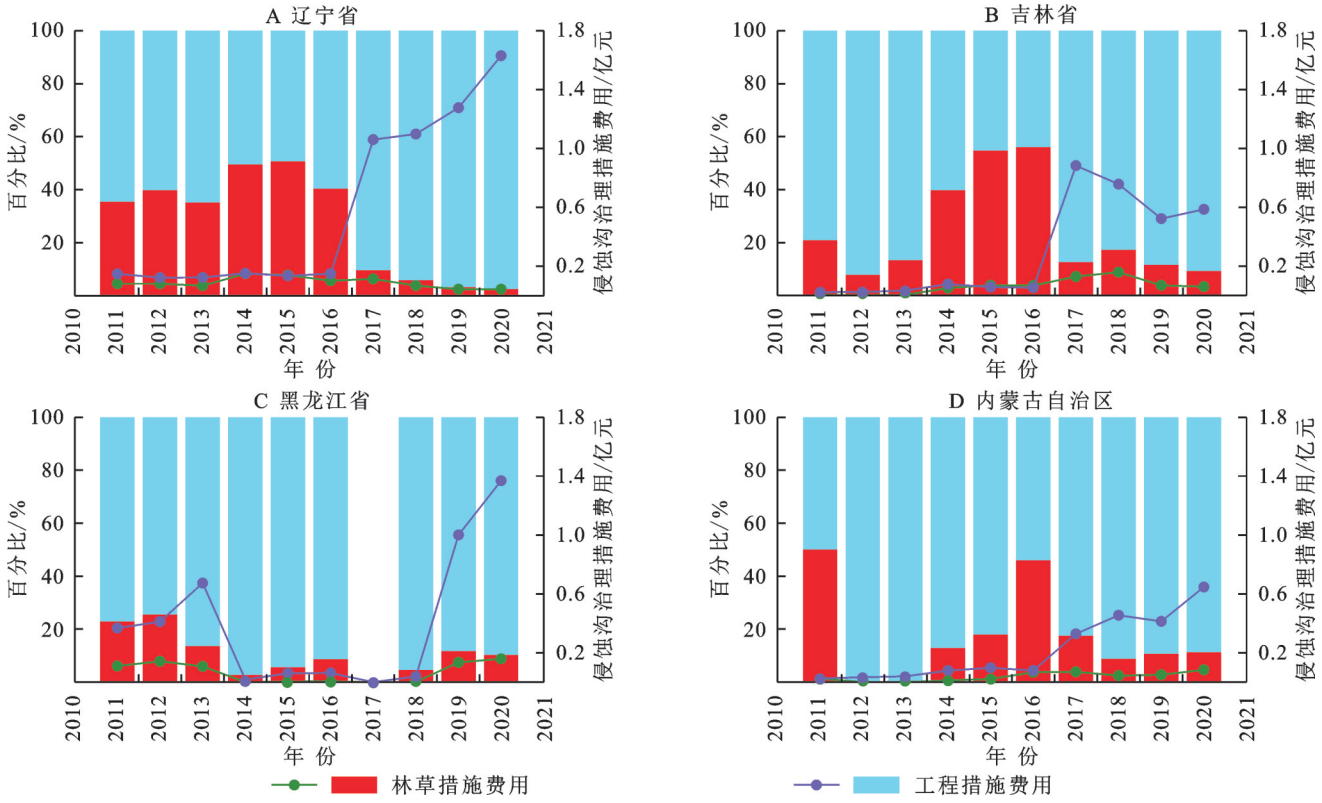


图5 东北黑土区侵蚀沟治理措施费用及占比

Fig. 5 Costs and proportions of gully erosion control measures in black soil region of Northeast China

2.5 侵蚀沟治理措施类型特征

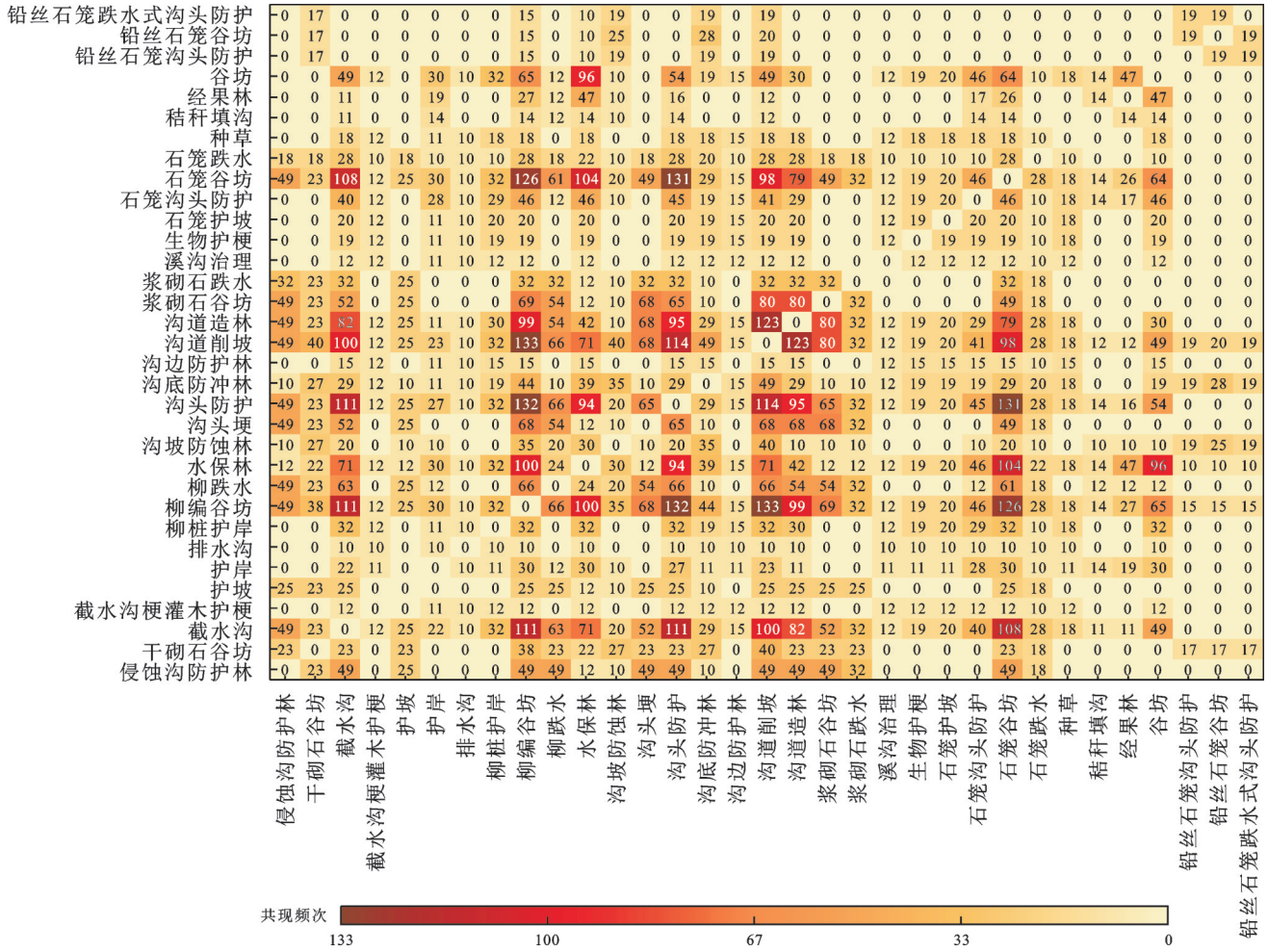
常见侵蚀沟的治理措施包括沟头防护、谷坊、削坡、填埋、柳跌水、固沟林等[22,28]。通过对东北黑土区4省区侵蚀沟治理措施的统计分析，各省区分别应用了79种（辽宁省）、58种（吉林省）、46种（黑龙江省）和30种（内蒙古自治区）治理措施，反映出东北黑土区侵蚀沟治理技术手段的多样化特征。

采用关键词共现分析法，对4省区高频（≥10个项目）使用的治理措施进行共现分析。基于图6的分析结果，东北黑土区侵蚀沟治理措施形成了以柳编谷坊和削坡为双核心的治理技术体系。从高频共现关系来分析，可归纳出3类主要的技术组合模式：沟道治理组合（沟道削坡、柳编谷坊、沟道造林），三者关联强度介于99～133次，涵盖沟道整形、谷坊工程到植被恢复的完整治理链条；沟头防护组合（沟头防护、石笼谷坊、柳编谷坊、截水沟），措施间关联强度介于108～132次，构建了沟头控制与径流拦截相结合的综合防护体系；林草-工程结合组合（水保林、石笼谷坊、柳编谷坊、沟道削坡），其关联强度介于71～104次，体现了工程措施与林草植被措施的有机协同。值得关注的是，柳编谷坊、石笼谷坊在此区域被广泛使用，普适性强。综上，东北黑土区侵蚀沟治理呈现工程与林草措施协同、分区施策、构建从沟头至沟谷全过程防控体系的综合治理特征。

对各省区主要治理措施的应用频次进行统计，位列前五的措施类型见表3，4省区措施特征各异。辽宁、吉林两省侧重“谷坊＋水保林”的工程林草结合、材料上刚柔并济型工程；吉林省对截水沟的高频使用，表明其重视坡面径流对侵蚀沟发育的重要影响；黑龙江省兼顾工程稳定与生态修复；内蒙古自治区则形成“工程固基-植物护坡”模式。上述特征显示出各省区侵蚀沟治理基于自然条件与资源禀赋的差异化技术路径，体现了因地制宜的治理策略。

4省区治理措施应用频次前两位均聚焦于遏制沟道下切与扩张，体现优先稳定住侵蚀沟的目标；林草措施则通过提升土壤抗蚀性，与工程措施形成“短

期固坡-长期控蚀”的互补机制。技术应用呈现传统与创新并存,柳编、柳桩等传统工艺与石笼等材料升级同步推进。措施类型集中度高,“谷坊”“沟头防护”“削坡”“防护林”4类覆盖超80%频次,表明治理体系高度聚焦稳定住沟的关键环节,同时也体现出东北黑土区侵蚀沟问题的共性特征。



注:颜色越深表示共现频次越高,对角线是自共现,通常为0,对称位置的值表现两个措施间的共现强度。

图6　东北黑土区侵蚀沟治理措施共现频次热力图

Fig. 6　Heatmap of co-occurrence frequencies of gully erosion control measures in black soil region of Northeast China

表3　东北黑土区侵蚀沟治理高频措施

Table 3　High-frequency measures of gully erosion control in black soil region of Northeast China

使用频次排名	辽宁省		吉林省		黑龙江省		内蒙古自治区	
	措施名称	频次	措施名称	频次	措施名称	频次	措施名称	频次
1	谷坊	70	石笼谷坊	79	沟道削坡	161	铅丝石笼谷坊	48
2	水保林	58	水保林	66	沟道造林	93	沟底防冲林	28
3	经果林	47	沟头防护	66	浆砌石谷坊	80	沟坡防蚀林	25
4	柳编谷坊	27	柳编谷坊	51	柳编谷坊	69	沟道削坡	20
5	石笼谷坊	26	截水沟	48	沟头梗	68	铅丝石笼跌水式沟头防护	19

3　讨　论

3.1　侵蚀沟治理特征

（1）自2010年以来,在国家层面相关政策的引导与推动下,东北黑土区各省区地方政府积极响应,陆续制定并实施了多项黑土地保护地方性法规与专项治理规划,逐步构建起自上而下、多层次的政策支持体系[6]。从2011年12月,国务院关于印发国家环境保护“十二五”规划的通知中指出要强化东北地区黑土地水土流失综合治理,到2015年10月,国务院批复同意的《全国水土保持规划(2015—2030年)》中重点突出东北黑土区侵蚀沟相对密集区域的水土流失治理。“十二五”期间,东北黑土区共治理侵蚀沟3 160条,总投资8.52亿元。2016年12月,国务院

印发的“十三五”生态环境保护规划指出要推进东北黑土区侵蚀沟治理，2017年1月，水利部会同国家农业综合开发办公室组织编制了《水利部农业综合开发东北黑土区侵蚀沟综合治理和黄土高原塬面保护实施规划（2017—2020年）》旨在遏制侵蚀沟扩张。这些文件的发布进一步加大了东北黑土区侵蚀沟治理力度，“十三五”期间，侵蚀沟治理数量达到5 586条，总投资16.43亿元，相较“十二五”期间分别增长了76.77%，93.00%。

（2）4省区侵蚀沟治理因侵蚀沟数量分布、面积不同而投入差异。在侵蚀沟治理总投资方面，辽宁省的侵蚀沟治理力度最大，黑龙江省次之，从统计结果来分析，两省侵蚀沟治理力度集中在不同时期。从治理的侵蚀沟数量分析，黑龙江省实施的侵蚀沟治理项目总计2 665条，占总量的30.47%，在4省区中占比最高。这一分布特征很可能与黑龙江省侵蚀沟基数较大有关：该省侵蚀沟数量占全区总量的39.08%，且其中多数分布于农业耕作区内，对粮食生产构成直接威胁，因而在治理优先级与项目安排上得到更多侧重。而内蒙古自治区的单沟治理投资标准高于其余3个地区，其原因可能在于内蒙古自治区内侵蚀沟长度长、面积大；辽宁省单沟治理投资在2011—2016年远高于平均水平，经统计，此期间共治理了248条侵蚀沟，总投资为1.75亿元，治理侵蚀沟面积达1 197 hm^2（部分项目无治理侵蚀沟面积说明），因而拉高了整体单沟治理投资水平[29]。

（3）4省区侵蚀沟治理工程措施占比大，治理措施呈现多样化特征。东北黑土区侵蚀沟治理总投资变化趋势与工程措施费用变化趋势基本相同，体现其以工程措施为主导的治理特点。尽管都位于东北黑土区，但各地区域土壤侵蚀类型以及地形地貌等自然条件不完全相同，各地因地制宜，采取本土化的措施治理侵蚀沟[30]。

3.2 问题与展望

本研究在对东北黑土区侵蚀沟治理项目的整理过程中，梳理了项目文件中以下几点问题：一是东北黑土区侵蚀沟治理的历史数据完整性存在明显不足，部分项目仅有系统记录而缺乏实体文件支撑（如项目批复、项目实施方案、验收报告等），治理侵蚀沟的数量、面积等关键基础信息亦未得到有效记录。二是侵蚀沟治理项目文件中对治理措施的分类、命名、计量单位不统一。三是东北黑土区各地侵蚀沟治理不足、投入不均衡。基于以上问题，期望能够尽快在东北黑土区开展新一轮的侵蚀沟治理成效普查，为进一步优化治理策略提供依据，以加快实现我国粮食安全与生态保护目标的步伐。

此外，本研究的时段选择受限于数据公开的时效性。截至研究分析时，全国水土保持信息管理系统中2024—2025年东北黑土区的侵蚀沟治理数据尚未完整公开，现有数据难以支撑对近5年治理成效的稳健评估。因此，为确保研究结论的时效性与可靠性，本文的核心分析聚焦于数据完备的2011—2020年（即“十二五”至“十三五”期间）。待未来数据充分公开后，后续研究将着力于纳入最新数据，以揭示治理实践的动态演进趋势并评估新时期政策的实施效果。

4 结 论

（1）投资特征。东北黑土区侵蚀沟治理投资呈现出区域、时序不均衡性。区域上，辽宁省侵蚀沟治理投资较为集中。时序上，4省区侵蚀沟治理总投资增长模式存在明显差异，可大致总结为辽宁省为后期跃升型，吉林省为阶梯增长型，黑龙江省为“倒梯形”增长，内蒙古自治区为持续增长型，体现出区域内差异化推进策略。

（2）治理措施特征。4省区均形成以工程措施为主导（占比>70%）、林草措施为辅的技术体系，措施类型高度集中于谷坊、沟头防护、削坡与防护林等关键环节，频次占比超过80%，体现出对沟道稳定性控制的共同导向。在此基础上，各省区技术路径呈现因地制宜特征：辽宁、吉林两省侧重工程与林草及结合材料创新，同时吉林省注重调节径流，黑龙江省兼顾工程稳固与生态修复，内蒙古自治区形成“工程固基-植物护坡”模式，反映出基于地域条件的技术适配性与策略多样性。

参考文献（References）：

[1] 李保国，刘忠，黄峰，等.巩固黑土地粮仓保障国家粮食安全[J].中国科学院院刊，2021，36(10)：1184-1193.
Li B G, Liu Z, Huang F, et al. Ensuring national food security by strengthening high-productivity black soil granary in Northeast China[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2021,36(10):1184-1193.

[2] 韩晓增，邹文秀.东北黑土地保护利用研究足迹与科技研发展望[J].土壤学报，2021，58(6)：1341-1358.
Han X Z, Zou W X. Research perspectives and footprint of utilization and protection of black soil in Northeast China [J]. Acta Pedologica Sinica, 2021,58(6):1341-1358.

[3] 韩晓增，邹文秀，杨帆.东北黑土地保护利用取得的主要成绩、面临挑战与对策建议[J].中国科学院院刊，2021，36(10)：1194-1202.
Han X Z, Zou W X, Yang F. Main achievements, challenges, and recommendations of black soil conservation and utilization in China[J]. Bulletin of the Chinese Acad-

emy of Sciences, 2021,36(10):1194-1202.

[4] 宋爽,范昊明,牛天一.东北黑土区不同季节侵蚀沟形态发育比较分析[J].水土保持学报,2022,36(1):18-23.
Song S, Fan H M, Niu T Y. Comparative analysis of the development the geometric forms of gully in different seasons in black soil area of Northeast China[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2022,36(1):18-23.

[5] 王伟,王春梅,明哲,等.东北黑土区典型小流域浅沟损毁耕地特征分析[J].中国水土保持科学,2025,23(2):35-45.
Wang W, Wang C M, Ming Z, et al. Analysis of the characteristics of farmland damaged by ephemeral gully in typical small watersheds of the black soil area in Northeast China[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2025,23(2):35-45.

[6] 陈月.东北黑土区侵蚀沟发展现状及治理探讨[C]//东北四省区2024年水利学术年会暨水利先进技术(产品)推介会论文集.吉林省水土保持科学研究院,2024.
Chen Y. The development situation and control of gully erosion in Mollisol area of Northeast China[C]//Proceedings of the 2024 Water Conservancy Academic Annual Conference and Advanced Water Conservancy Technology (Products) Promotion Conference of the Four Northeast Provinces. Jilin Province Institute of Soil and Water Conservation, 2024.

[7] 范昊明,顾广贺,王岩松,等.东北黑土区侵蚀沟发育与环境特征[J].中国水土保持,2013(10):75-79.
Fan H M, Gu G H, Wang Y S, et al. Characteristics of eroded gully development and environment of black soil region in Northeast China[J]. Soil and Water Conservation in China, 2013(10):75-79.

[8] 丁超,胡伟,严月,等.中国东北漫川漫岗典型黑土区沟道侵蚀特征[J].水土保持通报,2020,40(5):72-78.
Ding C, Hu W, Yan Y, et al. Gully characteristics based on observations in typical rolling-hill Mollisol region of Northeast China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020,40(5):72-78.

[9] 李镇,秦伟,齐志国,等.东北漫川漫岗和山地丘陵黑土区侵蚀沟形态特征遥感分析[J].农业工程学报,2019,35(14):133-140.
Li Z, Qin W, Qi Z G, et al. Remote sensing analysis on gully morphology and spatial distribution in rolling hilly region and mountainous and hilly region of Northeast China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019,35(14):133-140.

[10] Huang D H, Su L, Zhou L L, et al. Gully is the dominant sediment source of snowmelt erosion in the black soil region: a case study[J]. Soil and Tillage Research, 2022,215:105232.

[11] 贾燕锋,王佳楠,范昊明,等.东北黑土区水土保持措施防治多营力侵蚀的作用与优化配置[J].中国水土保持科学(中英文),2022,20(5):124-132.
Jia Y F, Wang J N, Fan H M, et al. Effects and optimal allocation of soil and water conservation measures on the multi-agent combined soil erosion in the Mollisol region, Northeast China[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2022,20(5):124-132.

[12] Chen Z X, Guo M M, Liu X, et al. Gully transforms the loss pattern of runoff, sediment, nitrogen, and phosphorus in agricultural catchment of Northeast China[J]. Journal of Hydrology, 2025,660:133503.

[13] 刘兴土,阎百兴.东北黑土区水土流失与粮食安全[J].中国水土保持,2009(1):17-19.
Liu X T, Yan B X. Soil erosion and food security in the Northeast black soil region[J]. Soil and Water Conservation in China, 2009(1):17-19.

[14] 全国人民代表大会常务委员会.中华人民共和国黑土地保护法[EB/OL].(2022-06-25).https://www.mnr.gov.cn/dt/mtsy/202206/t20220625_2739944.html.
Standing Committee of the National People's Congress. Black soil protection law of the People's Republic of China[EB/OL].(2022-06-25).https://www.mnr.gov.cn/dt/mtsy/202206/t20220625_2739944.html.

[15] 张光辉,杨扬,刘瑛娜,等.东北黑土区土壤侵蚀研究进展与展望[J].水土保持学报,2022,36(2):1-12.
Zhang G H, Yang Y, Liu Y N, et al. Advances and prospects of soil erosion research in the black soil region of Northeast China[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2022,36(2):1-12.

[16] Liu C T, Fan H M, Wang Y X. Predictive performance and uncertainty analysis of ensemble models in gully erosion susceptibility assessment[J]. International Soil and Water Conservation Research, 2025,13(2):319-333.

[17] Li Y Z, Li C J, Li Z W, et al. Effects of slope and upslope inflow rate on black soil ephemeral gully erosion processes in the Northeastern China[J]. Journal of Hydrology: Regional Studies, 2025,61:102692.

[18] 万兆凯,宋庆臣,万普强,等.东北黑土区沟蚀研究进展与热点:基于CiteSpace计量分析[J].水土保持研究,2024,31(2):454-463.
Wan Z K, Song Q C, Wan P Q, et al. Research progress and hotspots of gully erosion in the black soil region of Northeast: bibliometric analysis based on CiteSpace[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024,31(2):454-463.

[19] Zhang G H, Yang Y, Liu Y N, et al. Prospects of sediment deposition at small watershed scale in the black soil region of Northeast China: a mini review[J]. Pedosphere, 2024,34(1):30-35.

[20] 张兴义,刘晓冰.中国黑土研究的热点问题及水土流失防治对策[J].水土保持通报,2020,40(4):340-344.
Zhang X Y, Liu X B. Key issues of Mollisols research and soil erosion control strategies in China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020,40(4):340-344.

[21] 张光辉.切沟侵蚀研究进展与展望[J].水土保持学报,

2020,34(5):1-13.
Zhang G H. Advances and prospects for gully erosion researches[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2020,34(5):1-13.

[22] 郝可心,台秉洋,蔡楚雄,等.东北黑土区侵蚀沟治理措施体系及效益分析[J].中国水土保持,2024(5):34-38.
Hao K X, Tai B Y, Cai C X, et al. Control measures system and benefit analysis of erosion gully in the black soil region of Northeast China[J]. Soil and Water Conservation in China, 2024(5):34-38.

[23] 徐英德,裴久渤,李双异,等.东北黑土地不同类型区主要特征及保护利用对策[J].土壤通报,2023,54(2):495-504.
Xu Y D, Pei J B, Li S Y, et al. Main characteristics and utilization countermeasures for black soils in different regions of Northeast China[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2023,54(2):495-504.

[24] 张兴义,胡伟,李建业,等.水土流失防控是黑土地保护的重点[J].科学通报,2024,69(11):1401-1405.
Zhang X Y, Hu W, Li J Y, et al. Control of soil and water losses is the critical issue for black earth conservation[J]. Science Bulletin, 2024,69(11):1401-1405.

[25] 邢慧淼,张岩,郭海燕,等.东北典型黑土区不同级别沟道形态特征分析[J].水土保持学报,2025,39(3):27-33.
Xing H M, Zhang Y, Guo H Y, et al. Analysis of the morphological characteristics of channels at different levels in a typical black soil region of Northeast China[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2025,39(3):27-33.

[26] DB22/T 3649—2024 侵蚀沟分级与分类[S].
DB22/T 3649—2024 Classification and grade of gully[S].

[27] 徐金忠,李洪,杨庆楠,等.秸秆半填覆绿侵蚀沟治理模式及应用[J].中国水土保持,2024(8):56-58.
Xu J Z, Li H, Yang Q M, et al. Management mode and application of straw semi-filled greening in erosion ditches[J]. Soil and Water Conservation in China, 2024(8):56-58.

[28] 张延玲,任明,温磊磊,等.《黑土区水土流失综合防治技术规范》解读[J].中国水土保持,2024(11):65-67,95.
Zhang Y L, Ren M, Wen L L, et al. Interpretation of the technical specifications for comprehensive prevention and control of soil erosion and water loss in black soil areas[J]. Soil and Water Conservation in China, 2024(11):65-67,95.

[29] 刘铮辉,荆元,陈彭,等.东北黑土区侵蚀沟的治理意义及治理措施浅析[J].农村·农业·农民,2023(24):40-42.
Liu Z H, Jing Y, Chen P, et al. Brief analysis on the significance and control measures of erosion gullies in the Northeast black soil region[J]. Rural Areas, Agriculture & Farmers, 2023(24):40-42.

[30] 张宇,刘洪超,王九九,等.东北黑土区小流域综合治理分类分级标准研究[J].中国水土保持,2024(3):34-38.
Zhang Y, Liu H C, Wang J J, et al. Research on classification and grading standards for comprehensive management of small watersheds in the black soil region of Northeast China[J]. Soil and Water Conservation in China, 2024(3):34-38.

(上接第65页)

[17] Chaplot V, Poesen J. Sediment, soil organic carbon and runoff delivery at various spatial scales[J]. Catena, 2012,88(1):46-56.

[18] Yavari R, Zaliwciw D, Cibin R, et al. Minimizing environmental impacts of solar farms: a review of current science on landscape hydrology and guidance on stormwater management[J]. Environmental Research: Infrastructure and Sustainability, 2022,2(3):032002.

[19] Elamri Y, Cheviron B, Mange A, et al. Rain concentration and sheltering effect of solar panels on cultivated plots[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2018,22(2):1285-1298.

[20] 张霞,李鹏,李占斌,等.不同植被格局下凸型坡径流流速时空变化及产沙研究[J].水土保持学报,2018,32(6):16-21.
Zhang X, Li P, Li Z B, et al. Study on temporal and spatial variation of runoff velocity and sediment in the convex hillslope under different vegetation patterns[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2018,32(6):16-21.

[21] 王德金,赵文智,周宏.河西走廊中部荒漠砾幂特征及其对土壤水分入渗的影响[J].中国沙漠,2020,40(6):233-241.
Wang D J, Zhao W Z, Zhou H. Characteristics of desert pavement and its influence on water infiltration in the middle of the Hexi Corridor[J]. Journal of Desert Research, 2020,40(6):233-241.

[22] Armstrong A, Ostle N J, Whitaker J. Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling[J]. Environmental Research Letters, 2016,11(7):074016.

[23] Edalat M M. Remote sensing of the environmental impacts of utility-scale solar energy plants[D/OL]. University of Nevada, Las Vegas, 2025.

[24] Assouline S, Thompson S E, Chen L, et al. The dual role of soil crusts in desertification[J]. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 2015,120(10):2108-2119.