

柳河大米永久基本农田地标生境案例研究

赵玲¹, 高家玉¹, 卫嘉欣¹, 岳宇轩², 顾小辉³, 张琼⁴, 董继伟³, 陶媛³,
李强⁵, 宫万明⁶, 安凤红⁷, 邹立新⁸, 王茂华⁹, 宗国立¹⁰, 钱佳奇¹¹, 秦勇¹²,
张明路¹³, 郭芮光¹⁴, 闫洪伟¹⁵, 李大京¹⁶, 王君¹⁷, 刘铁成¹⁸, 曹丹¹⁹,
时羽^{20*}, 孟祥君^{21*}, 于运波²², 侯正发²³, 管延丽²⁴, 张喜才²⁵, 喻红军²⁶,
李彬²⁷, 秦志爽¹, 唐端午¹, 赵子政¹

1. 吉林农业大学, 长春 130118; 2. 吉林省柳河县人民政府, 柳河 135399; 3. 吉林省柳河县市场监督管理局, 柳河 135399; 4. 吉林省柳河县农业技术推广总站, 柳河 135199; 5. 吉林省柳河县柳河镇人民政府, 柳河 135300; 6. 吉林省柳河县向阳镇人民政府, 柳河 135305; 7. 吉林省柳河县安口镇人民政府, 柳河 135304; 8. 吉林省柳河县圣水镇人民政府, 柳河 135308; 9. 吉林省柳河县亨通镇人民政府, 柳河 135307; 10. 吉林省柳河县三源浦朝鲜族镇人民政府, 柳河 135321; 11. 吉林省柳河县五道沟镇人民政府, 柳河 135319; 12. 吉林省柳河县红石镇人民政府, 柳河 135325; 13. 吉林省柳河县驼腰岭镇人民政府, 柳河 135311; 14. 吉林省柳河县柳南乡人民政府, 柳河 135323; 15. 吉林省柳河县孤山子镇人民政府, 柳河 135312; 16. 吉林省柳河县凉水河子镇人民政府, 柳河 135317; 17. 吉林省柳河县罗通山镇人民政府, 柳河 135315; 18. 吉林省柳河县时家店乡人民政府, 柳河 135314; 19. 吉林省柳河县姜家店朝鲜族乡人民政府, 柳河 135316; 20. 吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心), 长春 130033; 21. 吉林财经大学, 长春 130117; 22. 吉林省吉林蛙田农业发展有限公司, 柳河 135316; 23. 吉林省柳河国信社稷尚品农业开发有限公司, 柳河 135306; 24. 吉林省柳俐粮食有限公司, 柳河 135119; 25. 吉林省柳河县姜家店朝鲜族乡四家子村, 柳河 135316; 26. 吉林省柳河县姜家店丰田米业有限公司, 柳河 135316; 27. 辽宁大学, 沈阳 110036

摘要: 柳河县位于吉林省长白山西麓、龙岗山腹部, 总面积 3,348 km², 辖 15 个乡镇, 3 个街道, 219 个行政村。2023 年全县常住人口 25.19 万, 地区生产总值 92.27 亿元。依托新生代玄武岩风化形成的火山灰基质、天然矿泉灌溉、冷凉季风气候与高植被覆盖生态本底, 孕育出营养丰富、安全洁净的火山灰基质稻米, 是“柳河大米”国家地理标志证明商标的核心支撑。本文整编了柳河县区位、地貌、气象、水质、土壤、稻米品种特性、品质检测及社会经济数据, 系统阐明作为永久基本农田、火山灰基质稻米营养品质与安全优势, 构建生境保护、绿色生产、全链条管控、品牌运营与科技赋能协同的可持续发展模式。研究表明: 柳河灌溉水源富含钙、镁, 土壤有机质与矿质元素丰富, 重金属远低于风险筛选值; 稻米钙、镁、磷、硒等营养富集, 铅、镉未检出或极低, 营养与安全性显著优于普通稻米; 通过生态红线管控、土壤保育、绿色种养、标准化生产、溯源观测与农文旅融合, 实现了稀缺生境保护与产业提质增效统一。案例数据集涵盖案例区位置数据、自然地理数据、大米品种特性数据、经营管理数据、照片和图片。

收稿日期: 2025-12-05; 修订日期: 2026-05-22; 出版日期: 2026-06-25

基金项目: 吉林省市场监督管理局(2025)

*通讯作者: 时羽, 吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心), shiyu9434@163.com; 孟祥君, 吉林财经大学, mengxj617@163.com

数据引用方式: [1] 赵玲, 高家玉, 卫嘉欣等. 柳河大米永久基本农田地标生境案例研究[J]. 全球变化数据学报, 2026, 10(3): 379–393. <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.03.11>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.03.11>.

[2] 赵玲, 高家玉, 卫嘉欣等. 柳河大米永久基本农田地标生境案例数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2026. <https://doi.org/10.3974/geodb.2026.04.03.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.04.03.V1>.

数据集存储为.shp、.tif、.xlsx、.docx 和.jpg 格式，由 67 个数据文件组成，数据量为 79.3 MB(压缩为 1 个文件，39.8 MB)。

关键词：长白山；柳河县；大米；火山灰基质；地标生境；案例 38

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.03.11>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.03.11>

数据可用性声明：

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》出版，可获取：

<https://doi.org/10.3974/geodb.2026.04.03.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.04.03.V1>.

1 前言

在消费升级与乡村振兴战略深入推进的背景下，“优质地理标志产品”的保护与可持续发展也因此成为市场关注的焦点^[1]。长白山作为我国重要的生态屏障与物种基因库，凭借其独特的地质地貌与气候条件孕育了众多具有鲜明地域特征的农产品，火山灰基质稻米便是其中的典型代表。柳河县地处长白山自然保护区龙岗山腹部，境内广泛分布着新生代火山活动形成的玄武岩地貌。历经风化作用，这些火山岩逐渐转化为富含矿物质的特殊土壤，加之长白山余脉天然山泉的灌溉，以及温带大陆性季风气候带来的充足光照与昼夜温差，使得水稻生长更加平稳，避免了秋后早衰的现象，共同赋予了柳河火山灰基质稻米独特品质（图 1）。作为传统农业产区和永久基本农田，柳河县周边无大型工业污染源，森林覆盖率达 56.8%，保留了相对完整的生态系统，为火山灰基质稻米的天然生长提供了理想环境。



图 1 柳河县大米

然而，随着市场需求的不断攀升，火山灰基质稻米产业在发展过程中也面临着诸多挑战：如何在扩大种植规模的同时保护脆弱的火山灰生态系统，避免土壤退化与水源污染；如何通过标准化生产与品牌建设提升产品附加值，增强市场竞争力；如何建立科学的数据监测体系，为产业的可持续发展提供支撑等。

2 数据集元数据简介

《柳河大米永久基本农田地标生境案例数据集》^[2]的名称、作者、地理区域、数据年代、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息，见表 1。

表 1 《柳河大米永久基本农田地标生境案例数据集》元数据简表

条目	描述
数据集名称	柳河大米永久基本农田地标生境案例数据集
数据集短名	LiuheRiceCase38
作者信息	赵 玲，吉林农业大学，zhaol@jlau.edu.cn 高家玉，吉林农业大学，646882391@qq.com 卫嘉欣，吉林农业大学，2385091066@qq.com 岳宇轩，吉林省柳河县人民政府，704184172@qq.com 顾小辉，吉林省柳河县市场监督管理局，1992442074@qq.com 张 琼，吉林省柳河县农业技术推广总站，joan1971@126.com 董继伟，吉林省柳河县市场监督管理局，510904565@qq.com 陶 嫒，吉林省柳河县市场监督管理局，taoyuan200808@126.com 李 强，吉林省柳河县柳河镇人民政府，379372394@qq.com 官万明，吉林省柳河县向阳镇人民政府，lhxydzb@163.com 安凤红，吉林省柳河县安口镇人民政府，1398344312@qq.com 邹立新，吉林省柳河县圣水镇人民政府，sszdb@163.com 王茂华，吉林省柳河县亨通镇人民政府，htdb123@163..com 宗国立，吉林省柳河县三源浦朝鲜族镇人民政府，sypzf2008@163.com 钱佳奇，吉林省柳河县五道沟镇人民政府，wdgdjbg.163.com 秦 勇，吉林省柳河县红石镇人民政府，liuhehongshi@163.com 张明路，吉林省柳河县驼腰岭镇人民政府，hszml001@163.com 郭芮光，吉林省柳河县柳南乡人民政府，29602538@qq.com 闫洪伟，吉林省柳河县孤山子镇人民政府，29551541@qq.com 李大京，吉林省柳河县凉水河子镇人民政府，110129446@qq.com 王 君，吉林省柳河县罗通山镇人民政府，ltsdb666@163.com 刘铁成，吉林省柳河县时家店乡人民政府，726417277@qq.com 曹 丹，吉林省柳河县姜家店朝鲜族乡人民政府，lhxjjdcxzxrmzh@163.com 时 羽，吉林省农业科学院（中国农业科技东北创新中心），shiyu9434@163.com 孟祥君，吉林财经大学，mengxj617@163.com 于运波，吉林省吉林蛙田农业发展有限公司，watian2007@126.com 侯正发，吉林省柳河国信社稷尚品农业开发有限公司，117407627@qq.com 管延丽，吉林省柳俐粮食有限公司，583820333@qq.com 张喜才，吉林省柳河县姜家店朝鲜族乡四家子村，zxc20251209@163.com 喻红军，吉林省柳河县姜家店丰田米业有限公司，815249569@qq.com 李 彬，辽宁大学，157642179@qq.com 秦志爽，吉林农业大学，qinzhishuang@jlau.edu.cn 唐端午，吉林农业大学，745925172tdw@163.com 赵子政，吉林农业大学，2814745700@qq.com
地理区域	吉林省通化市柳河县
数据年代	2000–2024
数据格式	.shp、.tif、.xlsx、.docx、.jpg
数据量	79.3 MB
数据集组成	案例区位置数据、自然地理数据、大米品种特性数据、经营管理数据等
基金项目	吉林省市场监督管理局（2025）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；

续表 1

条目	描述
数据共享政策	(3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播 (包括通过计算机服务器) “数据” 的用户需 要与《全球变化数据学报 (中英文)》编辑部签署书面协议, 获得许可; (4) 摘取 “数据” 中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录 少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[3]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC

3 案例数据研发

3.1 案例区范围

本案例区范围为柳河县。柳河县地处 41°54'N–42°35'N, 125°17'E–126°35'E, 位于吉林省东南部、通化市西北部, 长白山向松辽平原过渡地带, 距长白山 260 km, 总面积 3,348 km², 2023 年全县常住人口 25.19 万, 辖 15 个乡镇, 3 个街道, 219 个行政村 (图 2)。

3.2 地形地貌

柳河县位于长白山向松辽平原的过渡地带, 地势整体表现为东南和西南部较高, 东北部较低, 呈现出从西南、东南向东北倾斜的格局。地貌由中低山地、火山熔岩台地以及河谷盆地等类型构成。经对案例区高程、坡度的分析得出, 中低山地海拔多在 400 m 至 1,000 m 之间, 最高峰海拔达 1,293 m, 主要分布在县域的中南部和东南部 (图 3)。熔岩台地占全县总面积的 5%, 主要分布在县境东南部, 属于龙岗火山群的一部分, 地表较为平坦, 但边缘常有陡坡。河谷盆地占全县总面积的 15%, 主要分布在一统河、三统河、哈泥河、窝集河等河流沿岸, 区域内小于 7°的平缓地带集中分布, 地势低平, 地表径流平缓, 水分涵养与排泄条件协调, 利于火山灰土壤保水保肥, 是火山灰基质稻米的核心种植区 (图 4)。

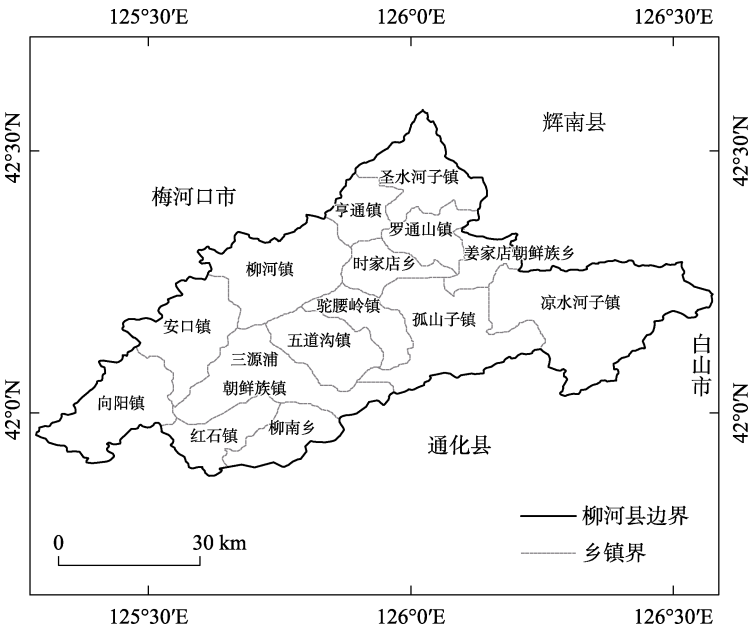


图 2 柳河县地理位置及行政区划图

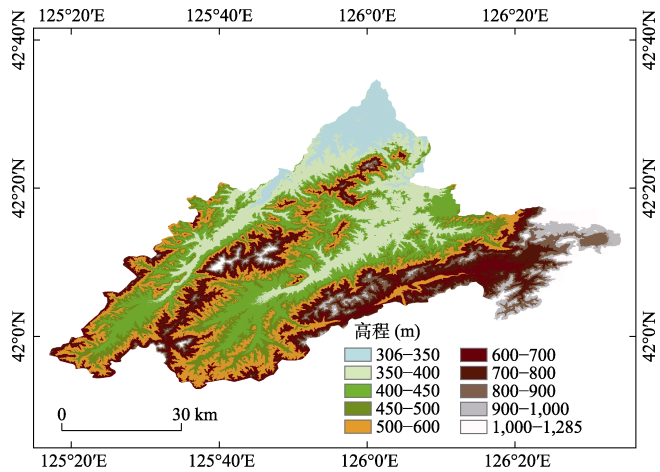


图 3 柳河县高程分类图

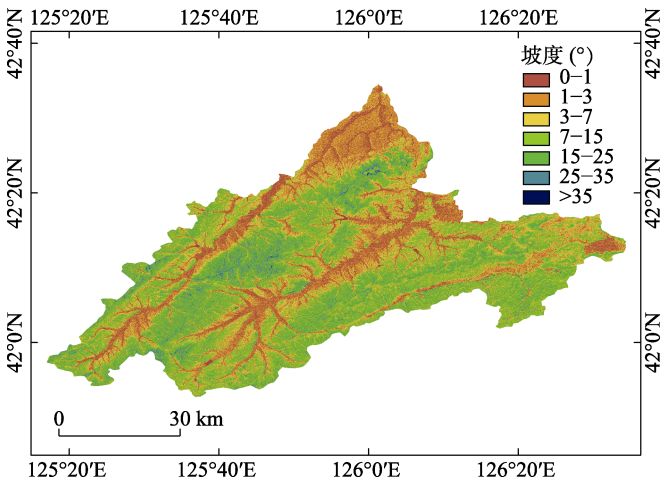


图 4 柳河县地形坡度分类图

3.3 土地利用与植被覆盖

作者选取 landsat5、landsat9 数据¹对案例区归一化植被指数（NDVI）进行计算。柳河县土地利用和植被呈现出明显的空间特征：中低山地以林业为主，植被覆盖度显著增加，是重要的生态屏障；熔岩台地植被覆盖度增加，水热条件适宜发展特色农业（如水稻）；河谷盆地植被覆盖度相对稳定，以农业为主(图 5，6)。

柳河县耕地以火山灰基质薄层土壤为主，种植制度为一年一熟，属于黑土过渡带粮食产区。该区域较高的归一化植被指数（NDVI）值显示其生态本底良好，水田植被生长态势旺盛。较高的植被覆盖度有助于维系水田生态系统的稳定，降低水土流失和面源污染的风险，进而形成了由“玄武岩台地+火山灰基质+湿地/水库群”构成的独特生境支撑系统。

3.4 气候条件

柳河县属温带大陆性季风气候，气候条件适配优质粳稻生长。夏季雨热同季，利于水

¹ EROS data center. <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

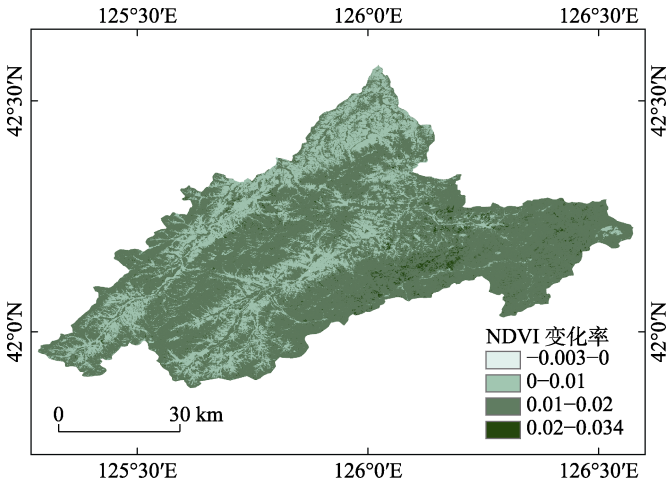


图 5 柳河县 NDVI 变化率图（2000–2025）

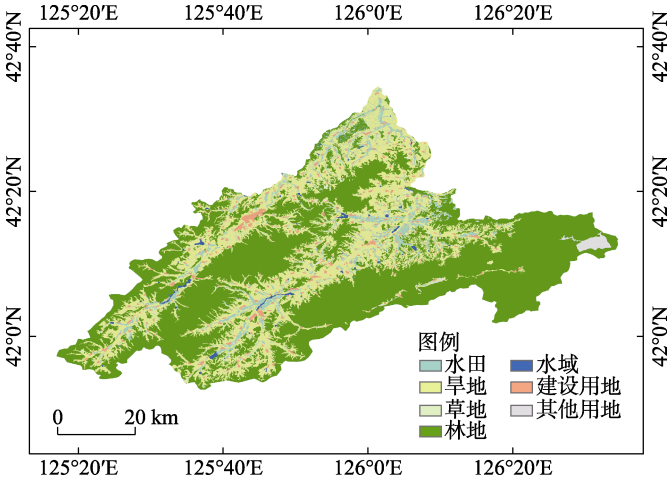


图 6 柳河县土地利用现状分析图（2024）

稻旺盛生长与干物质积累；秋季昼夜温差大，可促进光合产物向籽粒转运，促进淀粉与风味物质合成；冬季严寒积雪期长，虽无水稻生长，但能有效降低病虫越冬基数，减少农药依赖。根据柳河县气象局数据，1 月均温 $-15.001\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，7 月均温 $21.548\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；年降水量 736.3 mm ，集中于 6–8 月；全年日照 $2,560\text{ h}$ ，水稻生育期日照 $1,160\text{ h}$ ； $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $2,214\text{--}2,948\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，无霜期 $130\text{--}140\text{ d}$ （图 7），无霜期相对较短的自然条件对早熟品种形成选择压力，使灌浆过程集中在光热最优时段，综合提升柳河大米的食味品质与安全性。

3.5 水环境条件

案例区水资源丰沛，有中型水库 3 座、小型水库 97 座，发源于长白山的大小河流 60 余条，水域面积 $7,600\text{ hm}^2$ ，年均水资源总量 12.8 亿 m^3 。这种“丰沛水量-洁净水质-矿物补给-精准调控”的水文体系，不仅保障了水稻的生理需水，更促进了干物质积累形成，是柳河大米实现绿色、优质、富钙等独特品质的关键生态基础。

作者采集了水稻田及灌渠、晒水池的 11 个水样（图 8），送交吉林省农业科学院（中

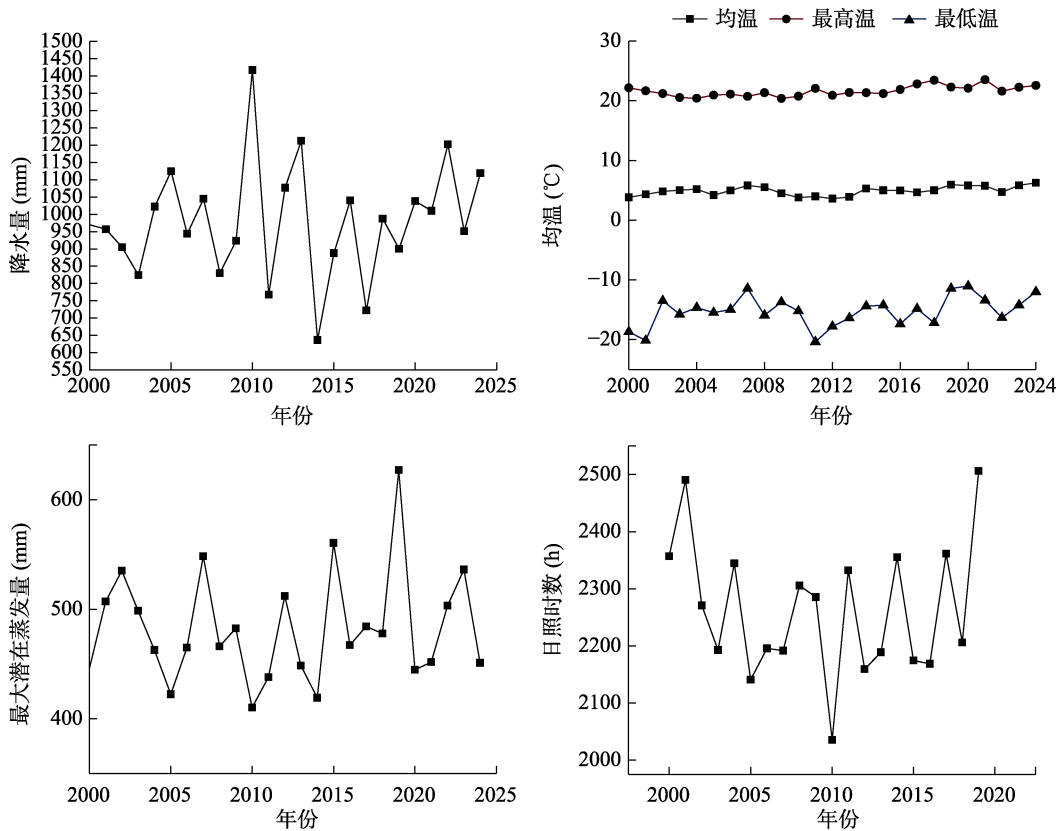


图 7 柳河县气候特征变化统计分析图

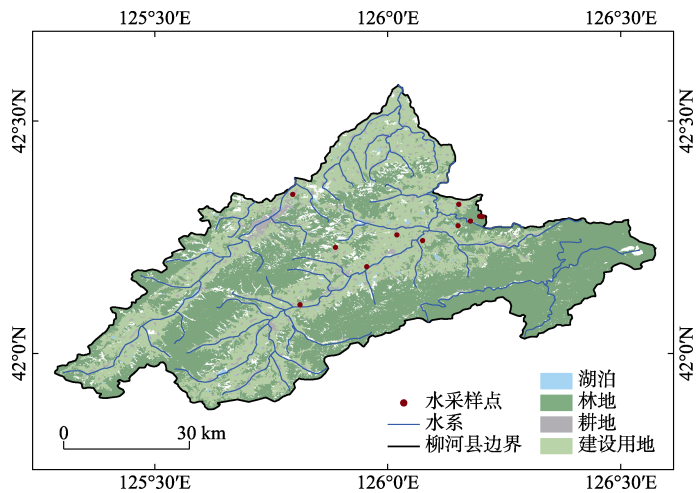


图 8 柳河县水样采样点空间分布图

国农业科技东北创新中心) 农业质量标准与检测技术研究所进行检测。

水质检测(表 2)显示: pH 为 6.99–7.57, 电导率为 90.5–420 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 钙含量为 5,844–63,018 $\mu\text{g}/\text{L}$ 、镁含量为 1,908–20,605 $\mu\text{g}/\text{L}$, 矿质丰富且呈低盐中性至弱碱状态, 从源头保障稻米安全与富矿营养形成。

在检测的 11 个水样中所有检测的有害物质含量均远低于国家《农田灌溉水质标准(GB 5084—2021)》^[4]中规定的限值(表 3)。

3.6 土壤环境条件

柳河具有独特的火山岩地貌,玄武岩浆沿地壳中的巨大裂隙上涌,形成了广阔的长白

表 2 柳河县水质营养物质检测结果统计表

样本	pH 值	水溶性盐分总量 (25 ℃电导率)	镁	磷	钾	钙	铜	锰	铁
单位	—	μS/cm	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L
水 1	7.57	153	7,384	24.7	1,380	9,411	1.20	0.950	118
水 2	7.38	110	5,301	42.1	586	5,844	0.72	0.982	432
水 19	7.04	173	5,646	27.3	1,109	15,505	0.71	1.340	167
水 21	7.30	188	9,260	55.4	901	13,648	0.99	1.160	101
水 22	7.28	167	5,574	38.5	978	15,927	0.23	0.770	162
水 23	7.12	90.5	1,908	61.8	1,871	6,785	0.46	3.110	449
水 24	6.99	414	20,605	45.6	369	63,018	0.83	2,444	231
水 25	7.37	420	18,163	67.0	452	54,753	0.78	11.700	71
水 26	7.45	316	9,239	58.8	1,914	44,909	1.69	5.510	80
水 27	7.48	327	8,146	69.1	426	41,162	0.55	3.700	164
水 28	7.48	256	8,286	47.7	660	32,305	1.11	1.830	52

样本编号说明:本研究的水样本分多批次采集,各批次样本按采样时间独立编号,因此编号不连续,该编号方式不影响数据的统计分析 with 结论可靠性;— 表示没有对应数据。

表 3 柳河县水质环境重金属含量检测结果统计表 单位: μg/L

样本	铬	镍	铜	锌	砷	硒	镉	汞	铅
水 1	0.286	0.80	0.84	未检出	0.78	0.378	未检出	0.276	0.050
水 2	0.41	1.34	1.16	未检出	0.93	0.444	未检出	0.194	0.141
水 19	0.185	1.05	0.69	未检出	1.01	0.185	未检出	0.087	0.094
水 21	0.278	1.35	1.36	未检出	1.28	0.170	未检出	0.090	0.107
水 22	0.232	0.57	2.49	未检出	1.07	0.064	未检出	0.089	未检出
水 23	0.741	0.90	3.65	0.97	1.46	1.080	未检出	0.089	0.094
水 24	0.263	2.46	2.88	0.883	2.31	0.438	未检出	0.100	未检出
水 25	0.123	1.22	2.55	未检出	4.73	0.118	未检出	0.092	未检出
水 26	0.386	0.71	4.42	未检出	1.88	0.322	未检出	0.088	未检出
水 27	0.316	0.45	2.23	未检出	1.36	0.023	未检出	0.086	未检出
水 28	0.299	0.70	3.03	未检出	1.51	0.096	未检出	0.086	未检出
限值 ^[4]	≤100	≤200	≤500	≤2,000	≤50	≤20	≤10	≤1	≤200

样本编号说明:本研究的水样本分多批次采集,各批次样本按采样时间独立编号,因此编号不连续,该编号方式不影响数据的统计分析 with 结论可靠性。

山玄武岩台地。本研究采集了案例区水稻种植集中区水稻田的 9 个土壤样本（图 9），并由吉林省农业科学院（中国农业科技东北创新中心）对所采土样的微量元素含量进行检测。

土壤样本 pH 为 5.36–6.26,有机质为 11.7–34.3 g/kg,土壤中全钾为 18,280–24,570 mg/kg,钙、镁、铁、锰丰富（表 4），从生长促进机制来看，钙元素可强化水稻细胞壁结构，提升植株抗倒伏与抗病能力。土壤中丰富的钙元素使得柳河大米的钙含量明显超出普通大米水平，显著提升了稻米的营养价值。镁元素作为叶绿素核心组成成分，能有效提高光合效率。

9 个土壤样本中，铬、镍、铜、锌、砷、镉、汞、铅均远低于 GB 15618—2018^[5]风险

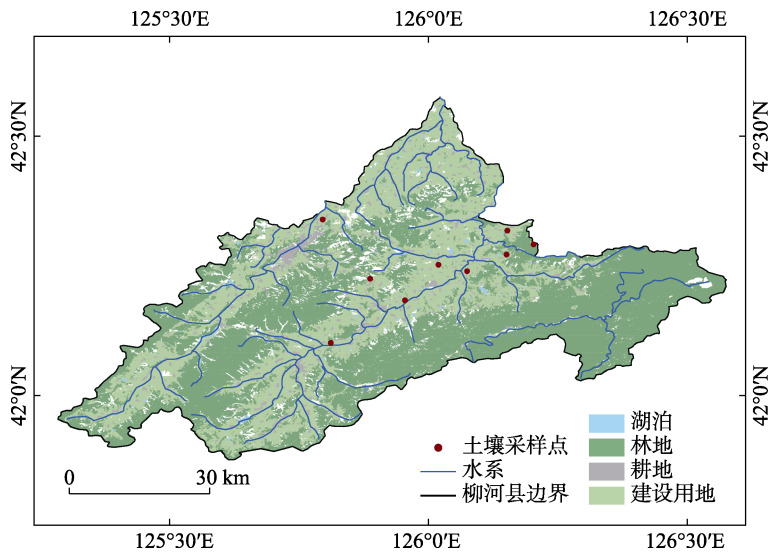


图 9 柳河县土壤采样点分布图

表 4 柳河县土壤营养物质检测结果统计表

样本	pH 值	有机质 (g/kg)	全氮 (mg/kg)	全磷 (mg/kg)	全钾 (mg/kg)	镁 (mg/kg)	钙 (mg/kg)	锰 (mg/kg)	铁 (mg/kg)
土壤 19	5.93	34.3	1,950	843.3	19,200	8,336	4,156	533	33,426
土壤 21	5.36	27.4	1,690	1,130	20,610	6,449	4,336	679	34,223
土壤 22	5.78	20.6	1,940	830	19,500	7,974	3,577	473	36,100
土壤 23	5.80	31.0	2,570	1,080	20,090	9,074	4,058	368	36,341
土壤 24	5.90	20.7	2,110	930	19,630	6,726	2,940	439	32,428
土壤 25	5.68	17.1	2,140	940	20,290	8,081	5,546	828	31,425
土壤 26	6.08	20.0	2,710	1,210	18,280	11,867	25,358	549	36,376
土壤 27	5.89	26.3	1,740	970	24,570	8,309	10,707	509	36,296
土壤 28	6.26	11.7	2,160	760	18,950	8,042	4,396	563	31,910
平均值	5.85	23.23	2,112.22	965.92	20,124.44	8,317.56	7,230.44	549	34,280.56

样本编号说明：本研究的土壤样本分多批次采集，各批次样本按采样时间独立编号，因此编号不连续，该编号方式不影响数据的统计分析 with 结论可靠性。

筛选值。铜平均值为 27.8 mg/kg、锌平均值为 101.1 mg/kg、镉平均值为 0.24 mg/kg，分别仅为筛选值的 55.6%、50.5%、62.2%。通过表 5 检测结果数据可以表明该区域土壤环境质量优良，清洁无污染，为生产安全优质的火山灰基质稻米提供了根本保障。铬、镍极低的含量同样印证了水源在流经玄武岩地层时，并未溶解出过量重金属，反映了火山岩过滤系统的稳定性和安全性。

表 5 柳河县土壤重金属含量检测结果统计表 单位: mg/kg

样本	铬	镍	铜	锌	砷	镉	汞	铅
土壤 19	82.3	37.7	23.3	88.8	7.44	0.261	0.0511	25.1
土壤 21	147.7	32.3	33.7	90.5	11.9	0.260	0.0682	30.8
土壤 22	100.8	30.6	21.1	89.5	7.53	0.228	0.0388	26.3
土壤 23	88.3	35.6	28.6	111.0	7.05	0.337	0.0421	29.1
土壤 24	74.3	30.8	24.0	83.8	7.18	0.205	0.0363	23.6
土壤 25	72.3	31.7	31.9	99.8	19.5	0.295	0.0425	29.9
土壤 26	94.7	37.3	35.8	173.0	10.1	0.200	0.0478	47.4
土壤 27	220.1	30.9	26.4	83.1	5.54	0.212	0.0217	21.1
土壤 28	83.5	34.8	25.1	90.6	7.82	0.240	0.0386	25.3
平均值	107.1	33.5	27.8	101.1	9.34	0.240	0.0430	28.7
筛选值 ^[5]	≤250	≤70	≤50	≤200	≤30	≤0.4	≤0.5	≤100

样本编号说明：本研究的土壤样本分多批次采集，各批次样本按采样时间独立编号，因此编号不连续，该编号方式不影响数据的统计分析 with 结论可靠性。

4 柳河大米产品特性数据

4.1 主栽品种特性

(1) 五优稻 4 号

五优稻 4 号是粳型常规水稻品种，属晚熟粳稻，米粒晶莹、食味极佳，采用浅水勤灌与干湿交替灌溉，品质突出。生育期 143 d，需≥10 ℃活动积温 2,850 ℃左右，属中晚熟品种。株型紧凑，剑叶直立，株高 122.1 cm，茎叶绿色，分蘖力强，公顷有效穗数 409.5 万穗。穗长 19.5 cm，弯穗型，平均每穗粒数 115.8 粒，结实率 78.4%。谷粒纺锤形，颖及颖尖黄色，稀有芒，千粒重 27.7 g。在米质主要指标方面，糙米率 84.7%，精米率 72.7%，整精米率 64.8%，粒长 6.3 mm，长宽比 2.7，垩白粒率 46.0%，透明度 1 级，碱消值 7.0 级，胶稠度 65 mm，直链淀粉含量 16.6%，蛋白质 7.30%^[6]。

(2) 中科发 5 号

中科发 5 号是粳型常规水稻品种，全生育期 150.1 d，株高 102.8 cm，穗长 17.8 cm，每公顷有效穗数 409.5 万穗，每穗总粒数 118.3 粒，结实率 79.9%，千粒重 26.9 g。稻瘟病综合指数两年分别为 2.0、2.4，穗颈瘟损失率最高级 5 级，中感稻瘟病。在米质主要指标方面，整精米率 70.1%，垩白粒率 6.0%，垩白度 1.8%，直链淀粉含量 16.1%，胶稠度 70 mm，长宽比 3.0。该品种获第五届全国优质稻粳稻组金奖^[7]。

(3) 吉宏 6 号

吉宏 6 号是禾本科稻属的中晚熟香型粳稻品种。该品种生育期约 138 d，株高 104 cm，穗长 17.3 cm，千粒重 24.0 g。抗病性表现为苗瘟和叶瘟中抗，穗瘟感病。在米质主要指标方面，糙米率 82.6%，精米率 74.3%，整精米率 70.4%，粒长 5.0 mm，长宽比 1.7，垩白粒率 13.0%，垩白度 1.3%，透明度 1 级，碱消值 6.7 级，胶稠度 88 mm，直链淀粉含量 15.6%，蛋白质含量 6.88%。

4.2 产品品质数据

本次大米共抽取 2 个品种。米样 1（送检样本命名“吉通”）随机采集自姜家店乡家庭农场，品种为超级稻（包括吉宏 6 号等品种，因这类品种均为小粒品种，其性状较为相似，在收购与加工、销售过程中不予区分，统称超级稻）；米样 2（送检样本命名“姜稻”）来源于姜家店朝鲜族自治乡四家子村家庭农场、蛙田米业及国信米业的混合样本，品种为五优 4 号（稻花香 2 号）。样本送黑龙江省农业科学院农产品质量安全研究所检测，检测结果见表 6、表 7。

案例区米样中钙、磷、镁含量较高，其中钙含量约为 71.6 mg/kg–67.3 mg/kg，磷含量约为 879 mg/kg–907 mg/kg，镁含量约为 200 mg/kg–211 mg/kg，反映出火山岩土壤中矿物质元

表 6 柳河县米样微量元素（营养物质）检测结果统计表 单位：mg/kg

检测指标	米样 1	米样 2
钙	71.6	67.3
钾	888	652
磷	907	879
镁	211	200
锰	12.3	11.3
铁	4.09	3.20
锌	12.9	13.3
钴	0.00477	0.00438
硒	0.043	0.097
铜	1.92	1.74
钼	0.426	0.436
钛	0.167	0.134
硅	69.6	57.5

表 7 柳河县米样安全卫生指标检测结果统计表 单位：mg/kg

检测指标	米样 1	米样 2	食物中污染物限量指标 ^[8]
铅	未检出	未检出	0.2
镉	0.0136	0.0164	0.2
铬	0.0911	0.0840	1.0
镍	未检出	未检出	/
砷	0.0993	0.128	0.35
汞	0.00552	0.00464	0.02

注：/ 表示没有对应标准限值。

素的富集效应。除此之外锌、锰、铁、硒等微量元素均有检出，显示出火山灰基质稻米在微量元素方面的优势。镁元素是参与体内数百种生化反应的重要矿物质，对于维持神经肌肉功能和血糖血压稳定至关重要，所以案例区产品在一些微量元素方面也展现出强大竞争力。

两个样本中的重金属含量均符合《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762—2022)^[8]的限值(表 7)。反映出柳河县在有害元素控制方面表现良好，无超标情况，食用安全性有保障。

5 社会经济发展和稻米产业经营管理

5.1 柳河县社会经济情况

2020—2023 年柳河县人口持续外流，但经济发展水平稳步提升，农业综合生产能力不断增强(表 8)。水稻产业作为柳河县传统优势特色产业，凭借优良的黑土资源与生态条件，持续发挥提质增效、水土涵养、丰富种植结构的重要作用，通过压缩低效种植规模、发展优质高端稻米，有效推动县域农业高质量发展。

表 8 柳河县 2020—2023 社会经济发展情况统计表²

年份	常住人口 (万人)	地区生产总值 (亿元)	人均生产 总值 (元)	第一产业增 加值 (亿元)	粮食种植面 积 (hm ²)	粮食产量 (10 ⁷ kg)	水稻种植 面积 (hm ²)	水稻产量 (10 ⁷ kg)
2020	35.39	79.92	22,485	21.18	88,350	56.68	20,180	14.1
2021	26.49	82.74	30,782	21.56	88,400	57.7	18,458	13.2
2022	25.53	88.83	34,152	24.18	89,439	58.4	16,374	11.45
2023	25.19	92.27	36,384	23.81	89,664	59.4	16,136	11.41

5.2 稻米生产历史与传承

据史料记载，柳河种植水稻最早从唐初(公元 7 世纪初)开始。清光绪三十二年(1906 年)，开始修建水渠、引水灌溉，水田开始连片种植，此时出现了水利灌溉和水稻栽培技术。柳河稻米以米粒饱满、晶莹剔透、香醇绵甜、营养丰富、口味纯正而声名鹊起，享誉内外。至宋、元、明、清，柳河稻米始终是历朝贡米，与东北三宝(人参、貂皮、鹿茸角)并列，为皇室所用。中华人民共和国成立后，具备了举世无双的品质和食用价值的柳河稻米，又成为人民大会堂的国宴用米。

据《柳河县志》记载，1902 年建县时，已开垦耕地约 3,300 hm²。主要农作物有大豆、高粱、玉米、谷子、小麦、小豆，其次是水稻和梗子(旱稻)、大麦、稗子、荞麦、糜子、绿豆。建县初期，一部分朝鲜族迁居柳河，传入水稻栽培技术，开始种植水稻。

1949 年新中国成立，水稻种植面积已达 4,652 hm²，朝鲜族先民依托火山岩地貌形成独特种植传统。选耐贫瘠、口感佳的本土粳稻品种，以粪肥为主、化肥为辅滋养土地，遵循节气规律春分浸种、秋分收割，形成“看天种地、依时劳作”的农俗。灌溉上，利用火山岩裂隙水修建“明渠暗沟”系统，明渠引水、暗沟排水，遵循“分蘖期浅灌、孕穗期深灌、成熟期晒田”的口诀，实现“浅湿交替”。稻米加工食用保留“现磨现吃”习惯，石磨

² 数据来源：柳河县统计年鉴。

碾米保留营养，糙米熬粥、米浆制特色美食。秋收举办“新米节”，蒸煮新米、制作米糕，共庆丰收、敬畏农耕文化。传承方面，通过“老带新”延续技艺，企业将传统与现代科技结合，引入生物有机肥、智能监测设备。还建设展览馆、举办培训班，让火山灰基质稻米农耕文化焕发新生机。

此外，柳河县在火山灰基质稻米的传统种植技艺传承与现代科技融合方面也取得了积极进展。通过举办新米节、开展农技培训等方式，不仅保护和传承了具有百年历史的火山灰基质稻米文化，也推动了现代科技在传统农业中的应用，为火山灰基质稻米产业的可持续发展注入了新动力。

5.3 稻米生产全流程质量管控

柳河县针对火山灰基质稻米构建了标准化种植与全流程质量管控体系，构建育秧、种植、灌溉、施肥、绿色防控、收获、加工、仓储、检测一体化管控体系，推行“六统一”模式，实现分品种单收单储、关键节点可追溯，确保品质稳定。

5.3.1 种子处理

浸种前将稻种摊薄 5–7 cm，在弱光下晒 2–3 d，每日翻动 3–4 次。采用杀菌剂浸种消毒，液面高出种子 15 cm，浸种 5–7 d，积温达 100 ℃，每日搅拌 2 次，也可采用种衣剂包衣。催芽时堆厚不超过 50 cm，温度控制 28–30 ℃，每日翻动 3–4 次；80% 种子破胸后，移至阴凉处降温备用。

5.3.2 播种

播种前 15 天扣棚，苗床浅翻 5–10 cm 并于播前 1 天浇足底水；床土过筛后调配至 pH 4.5–5.5 备用。于 4 月上中旬播种，采用平盘或钵体毯式育苗。机插盘每盘播芽籽 100–120 g，手插盘 60–80 g，钵盘育苗每钵 4–6 粒。

5.3.3 秧田管理

秧田管理分阶段精准调控：播种至出苗期，苗床缺水及时浇透，出苗超过 60% 揭除地膜，棚温控制在 30 ℃ 以内；出苗至 1.1 叶期，棚温保持 25 ℃–28 ℃，床土维持湿润；1.1 叶至 2.5 叶期，棚温控制在 25 ℃ 左右，晴天适度通风炼苗；2.5 叶至移栽期，夜间最低气温高于 10 ℃ 时加大通风，插秧前 7–10 天夜间不盖膜炼苗，同时落实“三带”措施，每平方米苗床施硫胺 15–20 g，喷施噻虫嗪防治潜叶蝇，喷施枯草芽孢杆菌以促进返青与分蘖。

5.3.4 移栽

移栽于 5 月 15 日–25 日进行，采用 30 cm × (13–20 cm) 规格，每平方米 17–25 穴，移栽时做到不窝秧、不漏插、深浅一致。

5.3.5 本田管理

本田管理严格遵循重施基肥、分蘖肥减氮后移、穗肥与分蘖肥等量原则。基肥每公顷施腐熟农家肥 20–40 m³，配施磷肥、钾肥及分区定量氮肥，盐碱地增施硫酸锌；6 月中旬施分蘖肥，7 月上中旬施穗肥并补施钾肥。灌溉执行分区差异化模式，移栽至分蘖期浅水护苗促蘖，分蘖末期适度晒田；幼穗分化至乳熟期浅湿间歇、低温深灌保胎；乳熟至收获前干湿交替、昼停夜灌，收获前一周断水，全程保障水稻稳健生长。

5.3.6 病虫草害防治

病虫草害防治遵循农业、物理、生物防治优先，科学辅助化学防治的原则，严格遵守农药使用规范。农业防治以换种、壮苗、合理密植与清洁田园为主；生物防治采用赤眼蜂、性诱剂、生物制剂等手段；物理防治利用杀虫灯诱杀害虫。化学防治针对性选用药剂防控稻瘟病、稻曲病、二化螟及田间杂草，确保安全间隔期与用药合规。

5.4 稻米产业发展

近年来柳河县大米品牌已发展到 35 个，涵盖“柳河大米”“蛙田”“社稷尚品”“大米姐”等。全县绿色认证产品达到 19 个，其中“柳河大米”获得中国地理标志证明商标。柳河火山灰基质稻米先后荣获中国名牌农产品、中国稻博会金奖大米、“吉林省名牌”产品等多项大奖，袁隆平院士为“柳河大米”题词并予以高度肯定。

在产业发展方面，柳河县通过“公司+农户”、标准化种植、生态化管理及科技合作等多种模式，有效提升了火山灰基质稻米的品牌价值与市场竞争力^[9]。国信社稷尚品、蛙田米业等龙头企业通过引进先进加工设备、推动有机认证、拓展线上线下销售渠道，不仅提升了产品附加值，也带动了当地农户增收，实现了生态保护与经济发展的良性互动。

5.5 柳河大米生态环境溯源

为了更好地对水稻生长环境及过程进行追溯，建设了水稻生境地面监测站。该观测站是一款低功耗物联网感知系统，功能包括实时可见景观、空气温度、空气湿度、空气质量、风速、风向等 10 种定位观测参数的自动识别和记录（图 10）。



图 10 案例区地标生境地面站影像及二维码

6 结论

案例研究证实，柳河县火山岩台地的土壤由玄武岩风化而成，富含钾、钙、镁、磷等多种矿物质及微量元素，能够为水稻生长提供持续稳定的营养支撑，从源头奠定了火山灰基质稻米高产优质的土壤基础。与此同时，灌溉水源源自长白山天然泉水，经火山岩层自然过滤后，水质洁净澄澈、富含矿物质，各项指标均优于国家农田灌溉水质标准，从根本上保障了稻米生长环境的纯净与安全，进一步凸显了柳河大米的天然优势。

柳河县始终以生态保护为发展底线,通过生境精准管控、绿色生态种养、全流程标准化生产、品牌化运营、科技溯源管控与稻米文化传承,构建起完整的可持续发展体系,实现了生态效益、经济效益与社会效益的有机统一。研究表明,火山灰基质是柳河稻米高营养、高安全的核心禀赋;严格的生境保护是稻米产业可持续发展的根本前提;标准化生产、品牌化运营、数字化管控则是提升产品价值的关键路径。

柳河稻米产业发展模式,充分践行“绿水青山就是金山银山”的发展理念,不仅推动了当地地理标志产品提质增效,更为长白山地区乃至全国火山岩区域特色农产品的保护与利用、地理标志产品的高质量发展,以及乡村振兴战略的落地实施,提供了可复制、可推广的典型范例。

作者分工: 赵玲总体设计,调研、采样、整理数据,撰写论文;岳宇轩总体指导;时羽水稻种植指导;孟祥君生态环境分析指导;张琼提供柳河大米生产管理分析指导、联系农户;高家玉制作空间图;卫嘉欣采集、处理样本;顾小辉、董继伟、陶娜负责协调调研;唐端午、李彬负责调研、采样、收集数据;秦志爽、赵子政负责视频制作;其余作者参与收集数据;所有作者均参与了论文讨论。

致谢: 感谢中国科学院地理科学与资源研究所王振波研究员、刘闯研究员、宋献方研究员、付晶莹研究员在本案例立项和研发过程中给予的指导和帮助!

利益冲突声明: 本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] 付晶莹, 都兴林, 郑青松等. 磐石兰家村大米永久基本农田生态环境保护与可持续发展案例研究[J]. 全球变化数据学报, 2021, 5(3): 275–289. <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.03.06>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.03.06>.
- [2] 赵玲, 高家玉, 卫嘉欣等. 柳河大米永久基本农田地标生境案例数据集 [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2026. <https://doi.org/10.3974/geodb.2026.04.03.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.04.03.V1>.
- [3] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. [https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05\(2017年更新\)](https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05(2017年更新)).
- [4] 生态环境部, 国家市场监督管理总局. 农田灌溉水质标准 (GB 5084—2021)[S]. 北京: 中国环境出版集团, 2021.
- [5] 生态环境部, 国家市场监督管理总局. 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准 (试行) (GB 15618—2018) [S]. 北京: 中国环境出版集团, 2018.
- [6] 陈艳. 吉林省新审定的水稻品种[J]. 农村科学实验, 2014(1): 8–13.
- [7] 汤百高, 陈代兵, 罗澎等. 国审粳型三系杂交稻茎秆优华占的多地种植表现及高产栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2020(12): 243–245.
- [8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中污染物限量(GB 2762—2022) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [9] 吉林省柳河县: 做精一业 带富一方 优质粮食工程让柳河大米流金生银[J]. 中国粮食经济, 2020(10): 24–25.