

辉南大米永久基本农田地标生境案例研究

王平¹, 何继伟², 田成一³, 王勇夫⁴, 赵丽丽⁵, 王兰⁶, 梁丽丽⁷, 王森⁸,
潘晓明⁹, 高正航¹⁰, 李鹏¹¹, 薛伟¹², 李佳宁¹³, 张迪¹⁴, 马承伟¹⁵,
佟丽帅¹⁶, 孙学军¹⁷, 张翀君³, 邹丽萍³, 孟祥君^{18*}, 孟维韧¹⁹, 艾治国²⁰,
倪雪健²¹, 张建秀²², 国洪义²³, 沈宝华²⁴, 史艳辉²⁵, 陈岩²⁶, 赵玲^{26*},
赵贵玉²⁶, 王洪桥²⁶, 闫云仙²⁶, 车晓翠²⁶, 田露²⁶, 孙旭²⁶,
赖世炜²⁶, 李宇涵¹, 张金子¹

1. 东北师范大学, 长春 130024; 2. 吉林省辉南县人民政府, 辉南 135100; 3. 吉林省辉南县市场监督管理局, 辉南 135199; 4. 吉林省辉南县朝阳镇人民政府, 辉南 135100; 5. 吉林省辉南县辉南镇人民政府, 辉南 135102; 6. 吉林省辉南县抚民镇人民政府, 辉南 135115; 7. 吉林省辉南县样子哨镇人民政府, 辉南 135122; 8. 吉林省辉南县石道河镇人民政府, 辉南 135108; 9. 吉林省辉南县杉松岗镇人民政府, 辉南 135114; 10. 吉林省辉南县辉发城镇人民政府, 辉南 135125; 11. 吉林省辉南县金川镇人民政府, 辉南 135117; 12. 吉林省辉南县楼街乡人民政府, 辉南 135119; 13. 吉林省辉南县庆阳镇人民政府, 辉南 135107; 14. 吉林省辉南县团林镇人民政府, 辉南 135124; 15. 吉林省辉南县东风街道办事处, 辉南 135100; 16. 吉林省辉南县西凤街道办事处, 辉南 135100; 17. 吉林省辉南县朝辉街道办事处, 辉南 135100; 18. 吉林财经大学, 长春 130117; 19. 吉林省农业科学院(中国农业科技东北创新中心), 长春 130033; 20. 吉林省辉南县农业技术推广总站, 辉南 135199; 21. 吉林省倪氏农业科技有限公司, 辉南 135122; 22. 吉林省辉农水稻科学技术开发有限公司, 辉南 135102; 23. 吉林省三和农场有限公司, 辉南 135199; 24. 吉林省长兴谷物食品有限责任公司, 辉南 135119; 25. 吉林省辉南县辉发城镇光辉村, 辉南 135125; 26. 吉林农业大学, 长春 130118

摘要: 辉南县位于吉林省通化市, 总面积 2,275 km², 地处温带大陆性季风气候带、火山灰基质土壤、纯净山泉灌溉的独特生境优势, 是东北地区永久基本农田所在地。下辖 3 个街道、10 个镇、1 个民族乡。2023 年, 辉南县 21.41 万人, 地区生产总值(GDP) 102.69 亿元。辉南大米品种是适宜气候和土壤孕育的优良品种, 微量元素丰富、污染物含量远低于国家标准。辉南大米依托纯净的水质、肥沃的土壤以及独特气候条件, 生长周期长、昼夜温差大, 自然沉淀养分充足, 是天然健康的优质生态好米。辉南县已形成完整的水稻产业链和多方协同的品牌建设机制。本研究通过科学数据论证了辉南大米的品质优势与生境关联, 为辉南大米产业提质增效提供了实践支撑。案例数据集内容由案例区范围、自然地理数据、产品特性数据、经营管理数据、社会经济与历史文化数据等组成。数据集存储为.shp、.docx、.tif、.jpg 及.xlsx 格式, 由 62 个数据文件组成, 数据量为 73.0 MB (压缩为 1 个文件, 20.5 MB)。

关键词: 长白山; 辉南县; 大米; 永久基本农田; 火山灰基质; 地标生境; 案例 37

收稿日期: 2026-01-17; 修订日期: 2026-05-06; 出版日期: 2026-06-25

基金项目: 吉林省市场监督管理厅(2025)

*通讯作者: 孟祥君, 吉林财经大学, mengxj617@163.com; 赵玲, 吉林农业大学, zhaol@jlau.edu.cn

数据引用方式: [1] 王平, 何继伟, 田成一等. 辉南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): 362–378. <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.03.10>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.03.10>.

[2] 王平, 何继伟, 田成一等. 辉南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.2026.04.02.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.04.02.V1>.

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.03.10>
CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.03.10>

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.2026.04.02.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.04.02.V1>.

1 前言

随着新时代人们对生活品质的要求持续提高，对优质农产品的需求也不断提升，优质农产品已成为人们日常生活中不可或缺的重要组成部分。为满足人们对优质农产品的迫切需求，“优质地理产品”应运而生^[1]。吉林省委、省政府高度重视长白山地区的保护与开发工作，将长白山生态保护与高质量发展作为特色资源食品产业发展和“吉”字号品牌建设的核心内容，实施了一系列重大工程。

辉南县位于吉林省通化市，地处长白山西麓，是长白山脉向松辽平原的过渡地带，属丘陵半山区。其独特的火山灰基质为稻米生长提供了优越的自然条件（图 1）。结合前文所述的长白山地理标志开发与保护项目需求，作者深入探讨其地理标志培育路径，为区域特色农产品高质量发展提供科学依据及参考。



图 1 辉南大米

2 数据集元数据简介

《辉南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 《辉南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	辉南大米永久基本农田地标生境案例数据集
数据集短名	HuinanRiceCase37
作者信息	王 平，东北师范大学地理科学学院，wangp666@nenu.edu.cn 何继伟，辉南县人民政府，zhanghao1996@163.com 田成一，辉南县市场监督管理局，1143866329@qq.com

续表 1

条 目	描 述
作者信息	王勇夫, 辉南县朝阳镇人民政府, 1508042315@qq.com 赵丽丽, 辉南县辉南镇人民政府, huinanzhen2415@163.com 王 兰, 辉南县抚民镇人民政府, fumin8752472@163.com 梁丽丽, 辉南县样子哨镇人民政府, 451086176@qq.com 王 森, 辉南县石道河镇人民政府, 16643509976@163.com 潘晓明, 辉南县杉松岗镇人民政府, 19169178302@qq.com 高正航, 辉南县辉发城镇人民政府, 1835215950@qq.com 李 鹏, 辉南县金川镇人民政府, jinchuan8862003@163.com 薛 伟, 辉南县楼街乡人民政府, 18743541922@163.com 李佳宁, 辉南县庆阳镇人民政府, 3516139302@qq.com 张 迪, 辉南县团林镇人民政府, 18243568052@163.com 马承伟, 辉南县东风街道办事处, 1169130040@qq.com 佟丽帅, 辉南县西凤街道办事处, xifengjiedaobangongshi@163.com 孙学军, 辉南县朝辉街道办事处, 1169089796@qq.com 张翀君, 辉南县市场监督管理局, 2682806468@qq.com 邹丽萍, 辉南县市场监督管理局, zouliping1125@163.com 孟祥君, 吉林财经大学, mengxj617@163.com 孟维韧, 吉林省农业科学院, mwr1104@126.com 艾治国, 辉南县农业技术推广总站, azg777@163.com 倪雪健, 吉林省倪氏农业科技有限公司, 862610767@qq.com 张建秀, 吉林省辉农梗稻科学技术开发有限公司, 961506291@qq.com 国洪义, 吉林省三和农场有限公司, 303700618@qq.com 沈宝华, 吉林省长兴谷物食品有限责任公司, shenbaohua@126.com 史艳辉, 辉南县辉发城镇光辉村, 1438746701@qq.com 陈 岩, 吉林农业大学, 602563840@qq.com 赵 玲, 吉林农业大学, zhaol@jlau.edu.cn 赵贵玉, 吉林农业大学, zhaoguiyu@jlau.edu.cn 王洪桥, 吉林农业大学, wanghq921@126.com 闫云仙, 吉林农业大学, yanyunxian@126.com 车晓翠, 吉林农业大学, xiaocuic@jlau.edu.cn 田 露, 吉林农业大学, tianlu-1982@163.com 孙 旭, 吉林农业大学, 389099907@qq.com 赖世炜, 吉林农业大学, 1084343694@qq.com
地理区域	吉林省通化市辉南县
数据年代	2000–2024
数据格式	.shp、.tif、.xlsx、.docx、.jpg
数据量	73.0 MB
数据集组成	案例区位置数据、自然地理数据、大米产品特性数据、经营管理数据等
基金项目	吉林省市场监督管理厅（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; （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

本案例区范围为辉南县，总面积 2,275 km²，位于通化市北部、长白山西麓（图 2），地理范围介于 42°16′19″N–42°49′15″N、125°58′49″E–126°44′39″E 之间，下辖 3 个街道、10 个镇、1 个民族乡。2023 年，辉南县 21.41 万人，地区生产总值（GDP）102.69 亿元，水稻种植面积 32,536 hm²，水稻产量 25.36 万吨。

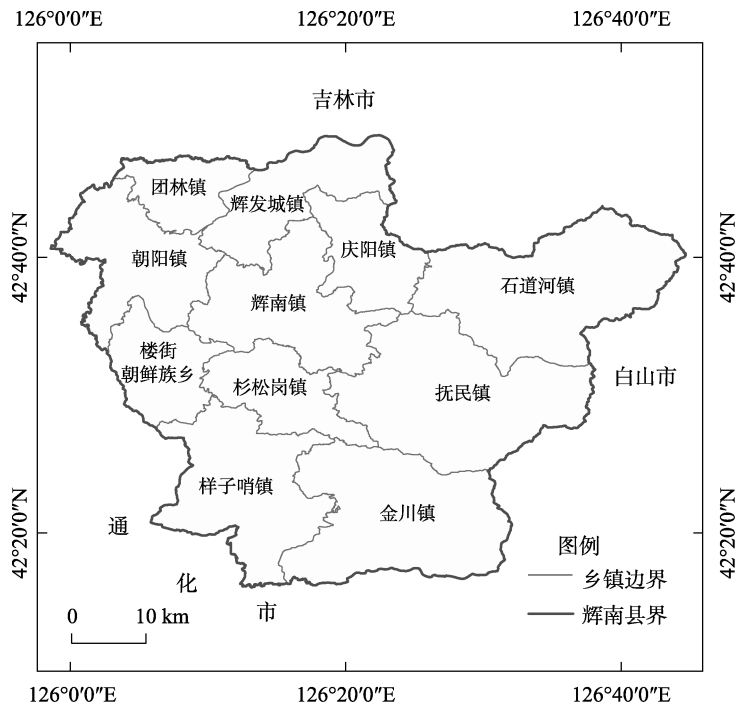


图 2 辉南县地理位置及行政区划图

3.2 生态环境数据

3.2.1 地形地貌

辉南县地处长白山西麓，属半山区，地质历史上的火山喷发造就了独特的东南向西北渐低的地势，包括低山、丘陵、台地和河谷平原 4 种地形。经对辉南县高程、坡度的分析得出（图 3），辉南县东南部为低山区，平均海拔 500 m 至 700 m。中部丘陵和半山区，海拔一般在 400 m 至 500 m。山地丘陵占全县总面积的 67.9%，构成全县的天然生态屏障^[4]。西部和西北部河流沿岸为河谷平原，海拔为 300 m 至 400 m 之间，坡度小于 2°（图 4），开阔平坦的地势为水稻的大规模种植提供了广阔且便于灌溉的耕地条件，也为辉南火山灰基质稻米的规模化发展提供了有力支撑。

3.2.2 土地利用与植被覆盖

辉南县耕地总面积 87,605.35 hm²，其中样子哨镇、朝阳镇、辉南镇、辉发城镇等 4 个乡镇耕地规模较大，合计占全县耕地的 48.02%。水稻种植高度集中于河谷平原区的水浇地

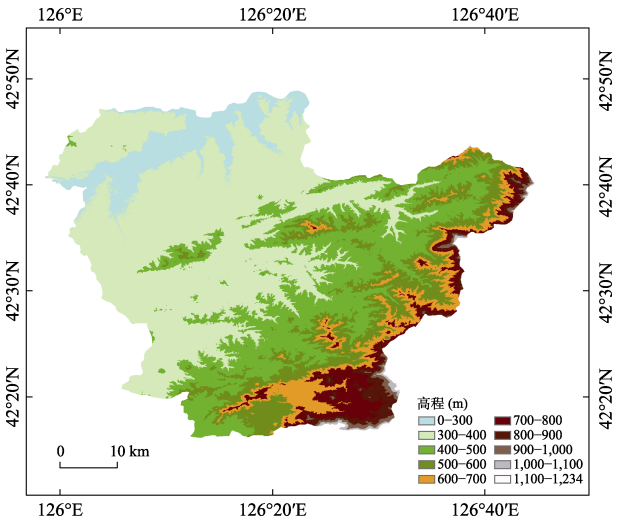


图 3 辉南县高程分类图

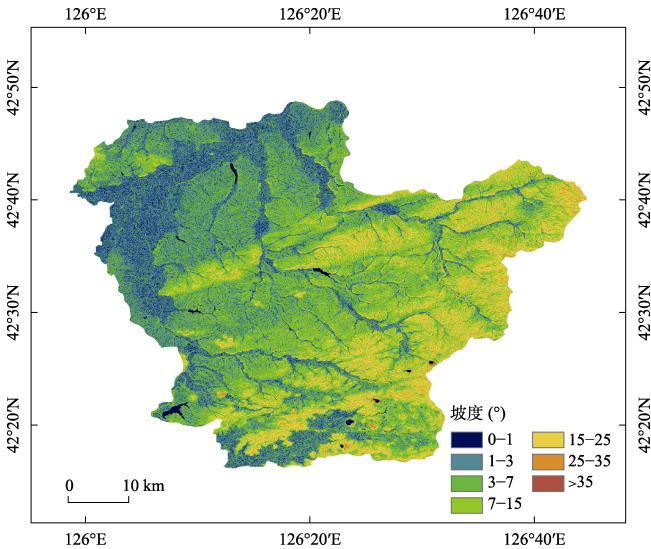


图 4 辉南县地形坡度分类图

与水田，这类地块地势平缓、灌溉便利，是规模化优质稻米生产的核心载体；坡度较大的低山丘陵区则以林地和旱地为主，水稻分布极少。从图 5 可见，耕地斑块沿河流呈条带状分布，与水域及水利设施用地高度耦合，形成水、田共生的空间格局，为水稻种植提供了天然的灌溉条件。

作者基于 landsat5、landsat9 数据¹计算案例区归一化植被指数（NDVI），结果（图 6）显示案例区植被覆盖度整体处于较高水平，水稻生长期内植被覆盖状况良好，初步反映出优越生境对作物生长的支撑作用。进一步通过 2000–2025 年逐像元 NDVI 中值线性趋势分析发现，经统计检验显著（ $p<0.05$ ）的变绿像元在全县呈大规模、持续性分布，直接定量

¹ EROS Data Center. <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

证实了区域生态环境处于稳中向好的长期通道。显著变绿像元主要落于河谷平原的水田集中区，呈现“好地更好”的协同优化特征，有力印证了优越生境条件对作物生长的稳定支撑。依托持续改善的植被覆盖、充足的土壤矿物质积累与清澈的灌溉水源，当地水稻的营养物质积累过程更为充分，为产出食味值高、品质稳定的优质大米提供了坚实而独特的生态保障。

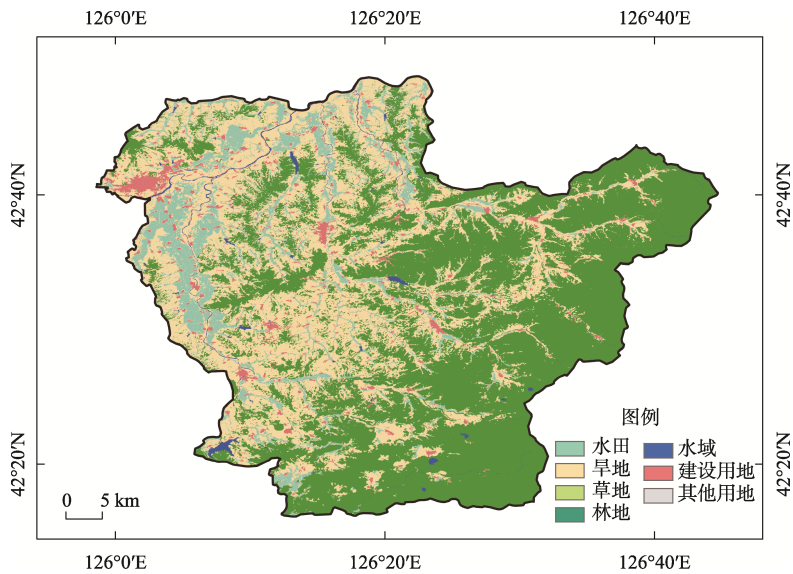


图 5 辉南县土地利用图

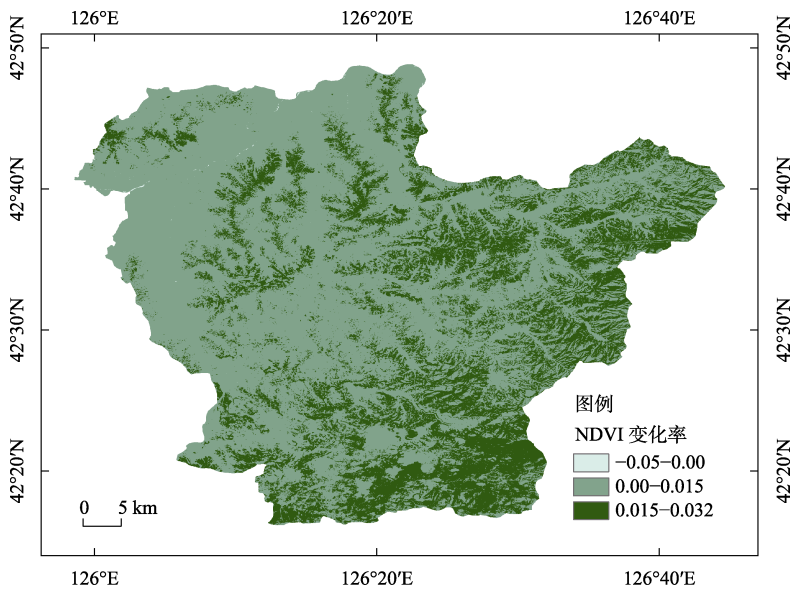


图 6 辉南县 NDVI 2000–2025 年变化率图

3.2.3 气候条件

辉南县属温带大陆性季风气候，且受丘陵半山过渡地形调节，四季分明，春季风大干

燥，夏季高温多雨，秋季温和凉爽，冬季漫长寒冷^[5,6]。据辉南县气象局数据，2005–2024年区域平均气温为 5.39℃，全年无霜期 148 d，年平均日照时间 2,410.41 h，降水主要集中在 6–8 月，平均降水量 745.96 mm；盛行西南风和偏西风，春季风速最大，夏季风速最小，年平均大风日数 13 d，平均风速 2.19 m/s，年积温大于 2,800℃（图 7）。

水稻作为典型的喜温、需水作物，对产区的温度、降水有周期性需求。而案例区夏季高温多雨，雨热同季的气候节奏与水稻生长周期高度吻合，有利于水稻生长，数据显示，5 月至 9 月的平均气温均在 14.5℃ 以上，完全满足水稻从移栽、分蘖、抽穗到灌浆的全部关键过程的需求。其中，最热月（7 月）平均气温仅 22.5℃，该月水稻生长正值抽穗扬花期，该温度条件既有利于授粉结实，又避免了其他产区常见的“高温逼熟”现象，有效保障了优质粳米的产出。与此同时，大陆性季风气候区，夏季昼夜温差较大，有利于水稻干物质与风味物质的积累。水稻生长季内日照充足、昼夜温差显著，降水节奏与水稻需水期吻合良好。这种光、温、水的高匹配度，不仅延长了水稻的灌浆时间，也减少了病虫害的发生，保障了稻米生产的自然纯净，为优质稻米品质形成提供了气候支撑。

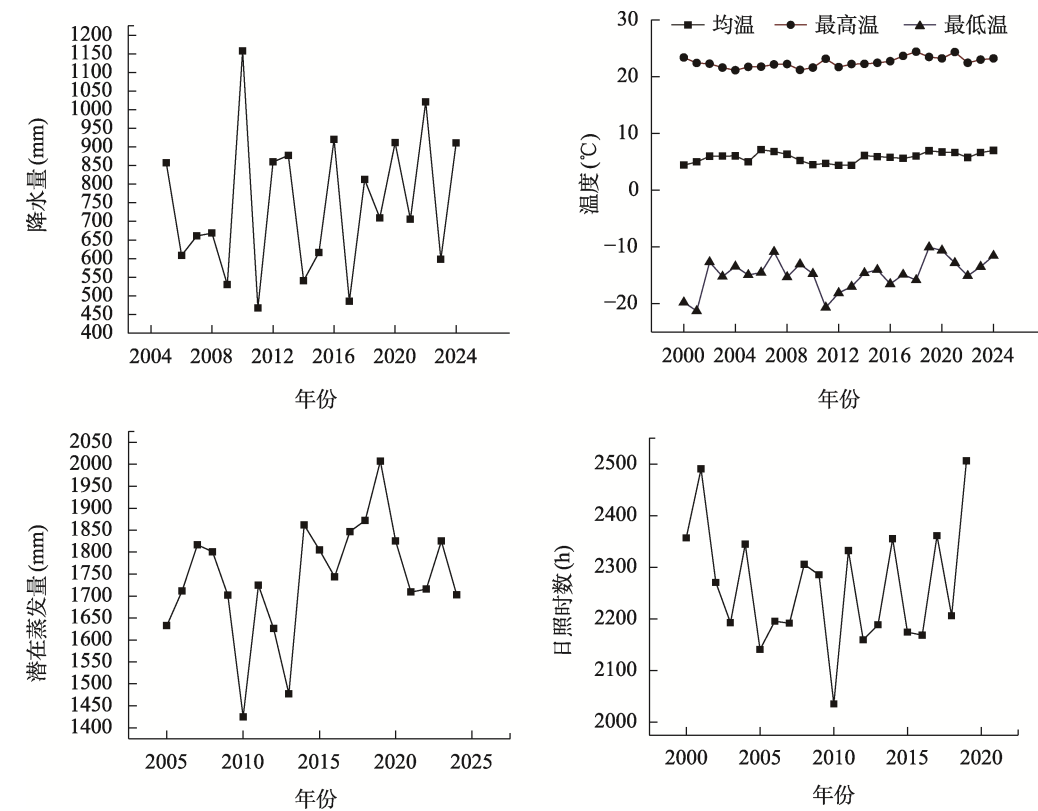


图 7 辉南县气候特征变化统计分析图

3.2.4 水环境条件

辉南县地表水资源量主要靠雨水补给，地表水资源量的季节变化和降水季节变化关系十分密切。季节性变化有春汛期、枯水期和汛期之分。在水流形态上又区分为畅流期和封

冻期。每年冬季降水普遍减少，河流封冻，地表水资源量主要靠地下水补给，江河水量出现第一个枯水期，地表水资源量占全年地表水资源量的 5%–10%。由于冬季积存在流域内的积雪以及冻结在河网内的冰体，在每年 3、4 月份春暖融化，形成了春汛。一般河流春汛期地表水资源量占全年地表水资源量的 10%–20%。由于春汛后降水不多，逐渐进入汛前枯水期。每年 6 月份开始进入汛期，降水量主要集中在 7、8 月份，6–9 月地表水资源量占全年地表水资源量的 70%左右^[4]。作为全县水稻灌溉的核心供水保障，水库通过汛期拦蓄天然降水，可有效保障水稻生长关键期（分蘖期、灌浆期等枯水时段）的用水需求，目前县域内主要调蓄水库包括海龙水库、石道河水库、大椅山水库、小椅山水库等。当地将三角龙湾的山泉水引入小椅山水库等各水稻种植地附近的水库，同时对引入的山泉水进行晒温，提高山泉水温度再对水稻进行灌溉。

结合案例区自然地理情况和以水库为主要灌溉水源的实际，为进一步探究案例区的生境优势，作者对案例区的灌溉用水进行采样（图 8），共采集 11 个样本并由吉林省农业科学院（中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。检测结果（表 2）显示，案例区水质为弱碱性，电导率能够反映水中溶解性盐分总量，样本值在 105–317 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 之间，平均值为 178.09 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，整体处于低盐水平，不会造成土壤盐渍化。同时其独特的山泉水质也富含很多的微量元素，镁、钙等微量元素指标非常突出。

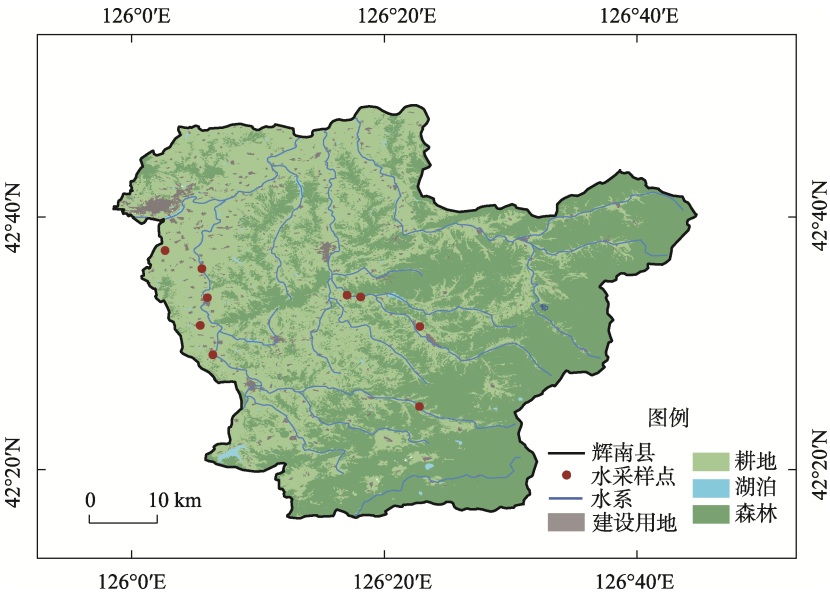


图 8 水质采样点分布图

所有样本中，重金属及类金属含量均远低于国家《农田灌溉水质标准》（GB 5084—2021）^[7]中规定的限值（表 3）。其中镉是所有样品中全部“未检出”的指标——镉是稻米中最易富集、对人体健康（尤其是肾脏和骨骼）危害最大的重金属之一，其“未检出”的结果，从根本上确保了火山灰基质稻米不存在镉污染的潜在风险，是该产品极其重要的安全优势。充分保障了水稻灌溉用水的安全性，也为稻米品质安全奠定了基础。

表 2 辉南县水环境微量元素（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) (μS/cm)	镁 (μg/L)	磷 (μg/L)	钾 (μg/L)	钙 (μg/L)	铜 (μg/L)	锰 (μg/L)	铁 (μg/L)
水（3）	7.27	198	5,948	42.4	1,221	17,996	0.91	0.572	109
水（4）	7.12	173	4,942	23.6	1,646	16,266	0.58	0.506	45.8
水（5）	9.15	187	10,570	29.1	1,355	11,025	1.12	1.40	28.7
水（11）	6.88	169	5,754	45.8	1,066	15,922	1.16	1.06	85.5
水（12）	7.02	153	4,896	81.3	922	14,176	0.70	8.92	636
水（13）	7.14	127	4,576	59.9	934	9,390	0.45	1.63	128
水（14）	6.97	105	3,445	31.3	659	11,799	0.46	1.77	224
水（15）	7.05	190	6,492	32.2	1,365	23,124	3.04	2.07	65.7
水（16）	7.03	226	6,196	76.6	479	26,357	0.89	1.40	142
水（17）	7.33	317	8,599	82.7	2,245	27,563	1.86	4.22	462
水（18）	7.35	114	3,414	66.2	1,001	9,744	0.52	4.07	815
平均值	7.30	178.09	5,893.81	51.91	1,172.09	16,669.27	1.06	2.51	249.24

样本编号说明：本研究的水样本分多批次采集，各批次样品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 结论的可靠性。

表 3 辉南县水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（3）	0.179	1.02	0.86	未检出	1.15	0.113	未检出	0.161	0.074
水（4）	0.053	0.45	0.77	未检出	0.84	0.175	未检出	0.123	未检出
水（5）	0.109	0.59	1.03	未检出	1.45	0.113	未检出	0.125	未检出
水（11）	0.092	1.14	1.10	未检出	1.81	0.287	未检出	0.111	0.008
水（12）	1.13	1.51	1.96	未检出	0.89	0.983	未检出	0.107	0.265
水（13）	0.300	0.91	0.97	未检出	0.32	0.150	未检出	0.097	0.005
水（14）	0.289	0.82	1.35	未检出	0.96	0.335	未检出	0.097	0.065
水（15）	0.373	0.76	1.68	未检出	1.51	0.222	未检出	0.097	未检出
水（16）	0.165	0.92	1.20	未检出	1.35	0.149	未检出	0.093	0.023
水（17）	0.898	2.29	3.37	0.669	1.88	0.806	未检出	0.095	0.445
水（18）	1.03	2.07	2.27	0.856	1.47	0.754	未检出	0.091	0.632
平均值	0.42	1.13	1.50	0.76	1.23	0.37	未检出	0.11	0.19
限值 ^[7]	≤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，各批次样品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。

综上，案例区水质优良、污染物含量极低，既体现了辉南县良好的生态环境，又能为水稻生长提供丰富的微量元素，进一步提升稻米营养品质，是打造“火山灰基质稻米”绿色、有机、安全、健康品牌形象的核心基石之一。

3.2.5 土壤环境条件

辉南县地处长白山西麓火山带，土壤以火山灰质土为主，兼具东北黑土区的典型特征。从物理性质看，火山灰质土土质疏松、孔隙度高，渗透性与透气性良好，有利于水稻根系的伸展、呼吸及对水分、养分的吸收。从化学组成看，火山喷发物风化后释放出丰富的矿物质与微量元素，而覆盖其上的黑土及腐殖层则提供了充足的有机质与氮、磷、钾等基础肥力，使得土壤整体兼具优异的蓄水保肥能力与良好的通气性。尤为独特的是，局部区域存在的火山熔岩凝固形成的“石板地”，其上覆盖 10–30 cm 经万年风化与腐殖沉积而成的沃土，矿物质含量极高，且石板热容较小，昼夜温差大，进一步促进了灌浆期水稻的营养积累。此外，区域内分布的白浆型水稻土、冲积型水稻土与草炭土等水田类型，也为水稻生长提供了多样而肥沃的立地条件。

为进一步深入研究案例区土壤特性，本研究分别采集了案例区不同乡镇的表层土壤样本，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，采样点分布见图 9。土壤样本中镁含量为 6,509–21,197 mg/kg，平均值为 9,804.33 mg/kg（表 4），镁作为水稻生长发育不可或缺的“光合核心元素”，直接影响光合作用效率与养分代谢，对产量形成和品质提升至关重要。土壤中钙含量为 3,127–20,273 mg/kg，平均值为 7,037.44 mg/kg，处于较高水平；钙元素在水稻生长过程中，对维持细胞结构稳定、促进养分吸收平衡及提升抗逆抗病能力具有重要作用。由此可见，辉南县独特的火山灰基质土壤，富含镁、钙等水稻生长不可或缺的中量元素，为当地水稻种植提供了良好的土壤环境。

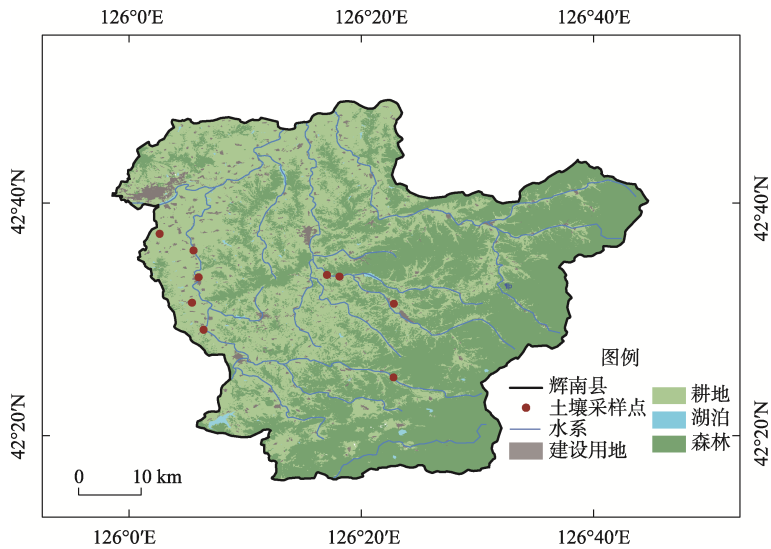


图 9 土壤采样点分布图

表 4 辉南县土壤微量元素（营养物质）检测结果统计表

样本	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	镁	钙	锰	铁
单位	—	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
土壤(1)	5.54	39.20	1.74	0.61	21.59	8,088	5,951	317	30,499
土壤(2)	6.24	29.10	2.86	1.45	17.00	9,522	3,867	511	54,864
土壤(11)	6.26	16.80	1.27	0.64	20.48	7,481	4,261	477	30,410
土壤(12)	5.75	30.50	1.72	1.29	17.33	21,197	20,273	1,423	63,584
土壤(14)	5.48	45.10	1.41	0.9	21.02	11,774	11,552	918	39,710
土壤(15)	5.91	33.60	2.06	0.89	21.55	7,356	3,710	529	33,159
土壤(16)	5.56	24.30	3.12	0.93	18.59	9,434	6,295	641	37,511
土壤(17)	5.57	16.90	1.51	0.71	20.55	6,878	3,127	646	32,163
土壤(18)	5.91	23.80	2.04	0.7481	20.17	6,509	4,301	468	30,652
平均值	5.80	28.81	1.97	0.91	19.81	9,804.33	7,037.44	658.89	39,172.44

样本编号说明：本研究的土壤样品分多批次采集，各批次样品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。

此外案例区土壤其他微量元素含量亦较为丰富。其中铁元素含量为 30,410–63,584 mg/kg，平均值为 39,172.44 mg/kg；锰元素含量为 317–1,423 mg/kg，平均值为 658.89 mg/kg；锌元素含量为 72.7–125 mg/kg，平均值为 99.248 mg/kg，此类微量元素虽需求量低，但缺乏时会导致水稻出现明显的生理障碍，影响稻米品质和产量，而辉南县土壤中丰富的微量元素储备，进一步凸显了其种植水稻的土壤优势。

案例区土壤中铬、镍、铜、锌、砷、镉、汞、铅等 8 种土壤污染控制元素含量，均远低于《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618—2018）^[8]中的风险筛选值（表 5），检测结果充分说明案例区土壤清洁无污染，为生产安全优质的火山灰基质稻米提供了根本保障。

4 水稻产品特性数据

4.1 水稻品种

4.1.1 宏科系列

辉南县自主研发的水稻品种主要为宏科系列，包括宏科 728、785、825、87 及 880 等品种。结合前文所述的辉南县生境特征，该系列品种整体株型紧凑，分蘖力强，剑叶直立上举，需积温在 2,620 ℃至 2,800 ℃之间，与前文所述的辉南县年积温大于 2,800 ℃的气象条件高度适配，且适配当地气候与土壤条件，均以优质稻米品质为核心优势，具有整精米率高、糊化温度低、胶稠度大、直链淀粉含量适中的特点，米质全部达到国家优质标准，保障了优良的蒸煮与食味品质；同时，对稻瘟病、纹枯病等病害具有良好抗性，具备种植适应性强、产量高、成品大米口感好等优势。

表 5 辉南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(1)	206.4	37.8	22.6	78.0	6.78	0.271	0.0398	22.5
土壤(2)	157.3	52.5	28.6	125	6.71	0.313	0.0356	21.4
土壤(11)	72.8	28.0	21.6	72.7	8.33	0.241	0.0345	23.8
土壤(12)	101.0	34.9	39.9	125	6.70	0.345	0.028	18.3
土壤(14)	243.4	42.6	25.9	95.8	8.67	0.278	0.0438	25.4
土壤(15)	128.5	32.2	23.7	88.6	7.35	0.288	0.0432	26.0
土壤(16)	89.6	41.8	26.7	106	8.22	0.320	0.0357	26.8
土壤(17)	93.7	28.3	23.7	82.5	10.50	0.241	0.0398	30.6
土壤(18)	138.8	31.0	25.1	79.2	9.98	0.226	0.0412	30.4
平均值	136.83	41.60	26.42	94.76	8.14	0.280	0.0379	25.02
筛选值 ^[8]	≤250	≤70	≤50	≤200	≤30	≤0.4	≤0.5	≤100

样本编号说明：本研究的土壤样品分多批次采集，各批次样品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。

4.1.2 五优稻 4 号

辉南位于东北季风气候区，暖流过境时风向为自西南向东北，暖流形成回流，使得案例区活动积温相较于其他地区高 2–3 ℃，有利于 4–9 月份达到优质水稻所需的 活动积温，保障水稻良好生长。同时，五优稻 4 号受产区独特的地理、气候等因素影响，干物质积累多，直链淀粉含量适中，支链淀粉含量较高；水稻成熟期产区昼夜温差大，使得五优稻 4 号大米中可速溶的双链糖积累较多，对人体健康十分有益，种植出的大米米粒均匀、色泽光亮、醇厚绵长、芳香四溢。

4.1.3 中科发 5 号

中科发 5 号是辉南大米优质稳产的主力品种之一，全生育期约 150 d，适配辉南中熟稻区一季稻种植，需 ≥10 ℃ 积温 2,700–2,750 ℃，与辉南县气候条件高度契合；株高约 102.8 cm，分蘖力强，每公顷有效穗约 1.82 万，每穗总粒数 118.3 粒，结实率 79.9%，千粒重 26.9 g，抗倒伏能力突出。该品种整精米率 70.1%，垩白粒率 6.0%，垩白度 1.8%，直链淀粉 16.1%，胶稠度 70 mm，长宽比 3.0，达到农业行业优质二级米标准，米粒细长透亮、腹白少，米饭弹润清香、冷饭不回生。辉南火山灰基质富含钾、钙、硒等微量元素，加之矿泉水灌溉（水温 6–9 ℃）、生长期 138–145 d、昼夜温差约 11 ℃ 的独特条件，有利于中科发 5 号积累风味物质，提升垩白度与整精米率表现；该品种耐冷、抗倒伏，可减少早霜与风雨灾害损失，保障产量稳定。中科发 5 号以“高产、优质、抗逆”的综合优势，成为辉南大米实现“量质齐升”的关键品种，其与火山岩田、矿泉水灌溉的生态协同，既保障了粮食安全，又提升了品牌价值，是东北粳稻绿色高效生产的典型范例。

4.2 大米品质检测结果

本次项目抽取的辉南大米样本由黑龙江省农业科学院农产品质量安全研究所进行微量

元素检测。辉南大米（表 6）钙、磷、镁含量普遍较高，反映出火山灰基质土壤中矿物质元素的富集效应。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。

表 6 辉南县大米微量元素（营养物质）检测结果统计表 单位：mg/kg

检测指标	辉南大米	对照组
钙	73.6	62.2
钾	890	888
磷	884	880
镁	210	185
锰	8.10	11.2
铁	3.13	3.81
锌	12.8	12.5
钴	0.00422	0.00631
硒	0.034	0.051
铜	1.50	2.16
钼	0.413	0.512
钛	0.167	0.155
硅	64.2	54.2

检测结果显示，辉南大米所含有的铅、镉、砷、汞等污染物成分远远低于《食品安全国家标准 食品中污染物限量》（GB 2762—2022）限量指标^[9]（表 7），从这些对比数据可以看出，辉南大米中所含的污染物含量很少，这也显示出辉南县在种植水稻方面的优势，辉南县拥有非常好的种植环境，所产出的大米质量非常好。

表 7 辉南县大米卫生安全指标检测结果统计表 单位：mg/kg

检测指标	辉南大米	限值 ^[9]
铅	未检出	0.2
镉	0.0115	0.2
铬	0.143	1
镍	未检出	无限制值
砷	0.0862	0.35
汞	0.00543	0.02

5 产业发展与经营管理

5.1 辉南县社会经济发展概况

根据辉南县统计年鉴数据，2023 年，辉南县 21.41 万人，其中乡村人口 10.07 万人，

实现地区生产总值（GDP）102.69 亿元，同比增长 6.0%；第一、二、三次产业增加值的比例为 24.1：23.6：52.3；地方财政收入 8.8 亿元，同比增长 85.8%；固定资产投资 34.6 亿元，同比增长 5.9%；农村常住居民人均可支配收入 19,849 元，同比增长 5.7%；城镇常住居民人均可支配收入 30,331 元，同比增长 4.3%（表 8）。

表 8 辉南县 2020–2023 社会经济情况统计表

年份	人口	地区生产总值	人均生产 总值	第一产业 增加值	粮食种植 面积	粮食产量	水稻种植 面积	水稻产量
单位	10 ⁴ persons	10 ⁸ CNY	CNY	10 ⁸ CNY	hm ²	10 ⁷ kg	hm ²	10 ⁷ kg
2020 年	31.96	88.47	27,464	22.75	75,300	51.62	31,333	22.66
2021 年	23.00	92.95	39,927	22.76	75,347	53.14	32,149	24.65
2022 年	22.01	98.52	43,777	25.24	76,894	54.45	32,312	24.93
2023 年	21.41	102.69	47,300	24.7	77,160	55.56	32,536	25.36

5.2 稻米生产历史与传承

辉南大米生产历史源远流长，其种植稻米的传统最早可追溯至明末清初。据《辉南县志》记载，1570–1640 年间，长白山区龙岗山脉冰雾山脚下（今辉南县庆阳镇）有一个二百多人的朝鲜族移居部落，该部落在此落户开荒，依托蛟河垦殖种稻，将最早期的粳稻种植和大米加工技术带入辉南，开启了辉南县稻米种植的历史。明万历三十五年（1607 年），清太祖努尔哈赤兼并辉发部落，在狩猎途中品尝到当地稻米，因其口感极佳，遂在辉发河畔设围场，命专人监管种植生产，将其列为朝廷贡米，辉南大米的品质优势自此得到认可。

新中国成立后，辉南大米种植生产进入快速发展阶段。20 世纪 60 年代，当地试验推广水稻床育苗和少量水稻薄膜育苗技术，提升了水稻种植的规范化水平；80 年代，水稻栽培技术迎来大发展，种植效率与产量显著提升。

5.3 水稻种植管理

5.3.1 土地整理

采用秋翻或春翻与泡田耙平，结合秸秆全量还田与高留茬保护性耕作，提升地力与蓄水保墒能力。

5.3.2 种子选用

种子选用经鉴定的耐低温、耐盐碱、抗病性强的适宜粳稻品种，执行种子活力测定、耐盐碱性鉴定、不育系鉴定等标准，确保品种纯度与抗逆性。

5.3.3 育苗

育苗阶段全县统一采用简塑钵盘育苗、秸秆基质及木耳菌渣基质育秧技术，规范播种量、秧龄与苗床管理流程，配套秧盘质量评价与播种机作业规范，重点管控棚内温湿度：出苗期棚温控制在 30–32 ℃，遵循“白低夜高”原则，夜间床面温度不低于 10 ℃；水分管

理坚持“旱育标准”，出苗前浇透底水，出苗后按需补水，同时加强立枯病、青枯病防控，培育整齐健壮、抗逆性强的适龄秧苗（秧龄 35–40 d），为机插、人工插秧提供优质秧苗保障。

5.3.4 插秧

插秧期集中在 5 月中下旬，结合辉南县东部丘陵半山区气候特点，优先推广高光效栽培技术，调整垄向为南偏西 18–20°，优化群体受光条件。插秧方式以机插为主，同步推广机械直播（旱直播/水直播）技术，严格控制插秧密度：高肥力地块采用 9×6 寸（约 18.5 万穴/hm²）、中等肥力地块采用 9×5 寸（约 22.2 万穴/hm²），常规密度控制在 10.6–13.3 万穴/hm²，每穴 2–3 株，实现合理密植。

5.3.5 施肥

施肥执行测土配方施肥、有机-无机配施、化肥减施增效规范，基肥增施腐熟有机肥，分蘖期、孕穗期按苗情精准追肥，提升肥料利用率并减少面源污染。水分管理依据耐低温肥水调控、旱作优质安全等规程，采用“浅-湿-晒”循环灌溉，低温时段深水护苗，兼顾节水、抗寒与根系活力培育。

5.3.6 病虫害管理

辉南县建立二化螟、稻瘟病等重大病虫害的测报调查与风险预警数据采集规范，实现监测-预警-防控一体化。防控坚持绿色优先、综合施策。通过赤眼蜂释放、性诱剂诱杀等生物措施控害；选用低毒低残留药剂，严格执行安全间隔期；配套稻瘟病抗性鉴定、抗螟等级鉴定等检测标准，提升品种抗性与防控精准度，减少化学农药投入，保障稻米质量安全与农田生态健康。

5.4 大米产业发展与品牌建设

近年来，辉南县水稻种植面积逐年增加，同时水稻产量也有较大幅度提升，水稻单产提升较快，水稻产业发展态势良好，标准化基地规模扩大，已建成 10,000 hm² 国家级绿色食品原料（水稻）标准化生产基地，三统河有机绿色稻米产业园获评省级现代农业产业园，绿色、有机认证产品数量持续增加。为后续研究提供了坚实的产业基础。

为推动产业高质量发展，辉南县政府持续强化政策引导与服务保障，通过组建行业协会、培育龙头企业、搭建产销对接平台，推进水稻加工产能升级与产业链延伸；同时深化与科研机构合作，推广优质品种与绿色生产技术，夯实产业发展根基。

当前，辉南县大米品牌体系初步构建，形成“区域公用品牌+企业自主品牌”双轮驱动。“辉南大米”为区域公用品牌；龙头企业“辉农粳稻”旗下“吉珍”品牌获“吉林大米十大白金名片”。2013 年，被批准为地理标志产品；2014 年、2015 年、2016 年，连续三年获得第十五届、第十六届、第十七届绿色食品博览会“金奖”；同时，辉南县被农业农村部列为首批国家级绿色水稻标准化种植基地，县内企业陆续完成有机食品、绿色食品认证，总认证面积已达 2,000 hm²，辉南大米的品牌影响力与品质认可度持续提升。

5.5 辉南大米生态环境溯源

为更好地对水稻生长环境及生产过程进行全程追溯,保障稻米品质安全,呼应前文所述的辉南大米品质优势与品牌建设需求,辉南县建设了水稻地标生境地面站。该地面站为低功耗物联网感知系统,具备实时可见景观、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功能,可实现对水稻生长环境的实时监测、数据留存,为稻米品质溯源、生长环境优化提供了精准的数据支撑,进一步完善了“从田间到餐桌”的全程质量管控体系,为地理标志培育提供了品质保障(图10)。



图10 案例区地标生境地面站数据二维码及拍摄的影像(2026/6/21)

6 结论

案例区具备稻米生产的“独特生境+优良品质+文化底蕴”三位一体的综合优势。独特的地标生境条件为辉南大米的品质形成奠定了天然基础,自主研发的稻米品种和政府主导的产业组织铸就了辉南大米品牌发展的双重保障。

辉南县地处长白山河谷平原,温带大陆性季风气候雨热同季、昼夜温差大,火山灰基质土壤富含有益元素且无重金属污染,纯净山泉灌溉构建了“以水补矿”的生态循环,三者协同作用,使其成为优质水稻种植的理想区域,也构成了辉南大米区别于其他产品的核心生境标识。适配品种与优良品质强化了地标产品的竞争力。研究表明,辉南大米适配性强,自主研发的宏科系列及五优稻4号、中科发5号等品种兼具高产优质特性;产品检测结果显示,其微量元素含量丰富,污染物水平及重金属含量均远低于国家标准,质量安全可控,品质优势突出,具备地理标志产品的核心品质特征。搭配完善的品质溯源系统,构建了适配地理标志产品的产业经营体系,为地标培育与保护提供了重要保障。

尽管辉南大米目前仍存在品牌影响力不足、标准化生产覆盖面有限、产业链附加值偏低等问题,可以通过后续的产业提质增效等不断改进,也为后续地标生境保护及可持续发展提供了明确的优化方向。

作者分工:王平总体设计,调研、采样、整理数据,撰写论文;何继伟总体指导;赵

玲调研、撰写论文;孟祥君生态环境分析指导;孟维韧、艾治国提供大米生产管理分析指导;孙旭制作空间图;陈岩、赖世炜采集、处理样本;田成一、张翀君、邹丽萍负责协调调研;赵贵玉、闫云仙、车晓翠、田露负责调研、采样、收集数据;王洪桥负责视频制作;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立项和研发过程给予的指导和帮助!

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] 王平, 何继伟, 田成一等. 辉南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.2026.04.02.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2026.04.02.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] 石代军. 辉南县水资源现状分析[J]. 科技创新导报, 2017, 14(3): 66–68.
- [5] 刘思睿. 辉南县松花江支流环境保护及综合治理工程设计[D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- [6] 佟剑杰, 贺华翔, 娄安宇. 基于外调水潜力的吉林省水资源承载力分析[J]. 水利规划与设计, 2022(9): 96–100.
- [7] 中华人民共和国生态环境部, 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.
- [8] 中华人民共和国生态环境部, 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)(GB15618—2018)[S]. 北京: 中国环境出版集团, 2018.
- [9] 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.