

泽州黄小米高都镇红黏土生态环境保护 与可持续发展案例研究

张艾英¹, 郝转芳^{2*}, 张建军³, 关军胜³, 焦凌⁴, 焦红林⁴,
郝奇奇⁵, 王飞⁶, 杨利斌⁷, 王正兴⁸

1. 山西农业大学谷子研究所, 长治 046000; 2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081; 3. 山西省泽州县高都镇政府, 泽州 048000; 4. 山西省泽州县高都古邑农业专业合作社, 泽州 048000; 5. 山西省晋城市星点测绘有限公司, 晋城 048000; 6. 中国科学院水利部水土保持研究所, 杨凌 712100;
7. 中国科学院科技创新发展中心, 北京 100101; 8. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘要: 气候条件和土壤类型是影响谷子生长发育和品质的重要因素, 独特的地域优势造就了泽州黄小米特质特色。泽州黄小米作为农业部农产品地理标志产品, 优良品质主要来自产地的两个自然特征: 一是 35°N–36°N 纬度带低山丘陵区的光照和温度 (历史上中国的 4 个名优小米, 3 个来自这个纬度带的山丘区); 二是黄土高原的红黏土。泽州黄小米 (丹川小米) 高都镇红黏土可持续发展案例的范围包括泽州县高都镇东部 14 村, 2021 年小米播种面积 410 hm², 小米产量 210.65 万 kg, 播种面积和产量分别占泽州黄小米的 61.56% 和 82.25%, 是泽州黄小米的核心区。土壤类型为黄土高原的红黏土, 是表层黄土被侵蚀以后出露的古土壤, 占黄土高原地区土壤面积的 2.72%。这种红黏土因为其过高的粘粒含量而难以耕作, 曾被土壤学家评为劣质土壤。但是经过当地农民长期的水土保持, 在这种红黏土母质上发育的耕作红黏土不仅具有较高的产量 (5,137 kg/hm²), 而且品质优良。优质的地理地貌、水文气象、土壤质地是泽州黄小米优质、绿色、可持续生产的保障和优势。本案例数据集由 5 部分组成: 案例区界线数据 (村、镇、县); 地理环境数据 (地形, 33 个土壤样地 17 个要素, 植被覆盖, 气象); 黄小米理化分析; 案例区基本社会经济数据以及黄小米企业高都古邑农业合作社有关黄小米的生产与管理数据; 历史文化数据等。数据格式为 .shp、.tiff、.xls、.docx 等格式, 数据量为 55.9 MB。

关键词: 地理标志产品; 泽州小米; 丹川小米; 红黏土; 高都镇; 案例 10

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.04.06>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.04.06>

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.2021.12.45.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.12.45.V1>。

收稿日期: 2021-11-21; 修订日期: 2021-12-15; 出版日期: 2021-12-30

*通讯作者: 郝转芳, 中国农业科学院作物科学研究所, haozhuanfang@caas.cn

数据引用方式: [1] 张艾英, 郝转芳, 张建军等. 泽州黄小米高都镇红黏土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(4): 420–430. <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.04.06>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.04.06>.
[2] 张艾英, 郝转芳, 张建军等. 泽州黄小米 (丹川小米) 高都镇红黏土生境保护与可持续发展案例数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.12.45.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.12.45.V1>.

1 前言

小米 (*Setaria italica* var. *germanica* (Mill.) Schred.), 又称为粟, 北方称谷子, 谷子脱壳为小米, 其粒小, 直径 1 mm 左右。谷子起源于中国, 已有一万年的栽培历史, 被誉为中华民族的哺育作物^[1-3]。太行山小米种植历史悠久, 有许多关于小米的传说, 形成了独特的小米地域文化。相传炎帝神农氏在上党一带的百谷山上遍尝百草, 从现在仍存有的狗尾草中优选出谷子, 使其部落摆脱了采集为生的动荡生活。高都泽州黄小米也同样拥有达几千年之久的种植历史。

泽州黄小米产自山西省晋城市泽州县高都镇, 属地方名优品种, 并在 2017 年被农业部授予“农产品地理标志产品”^[4]。其米粒光泽, 闻起来有清香味, 手摸有凉爽感, 放在嘴里咀嚼有微甜的感觉。泽州黄小米营养丰富, 小米熬粥后, 色泽金黄, 汤汁浓稠, 是一种具有较高营养价值的滋补粥品。案例区覆盖高都镇东部 14 村, 其小米产量占泽州县的 82.25%, 是泽州小米主产区。案例区土壤主要是黄土被侵蚀后出露的第三纪红黏土, 占黄土高原土壤的 2.72%, 因其粘重曾被土壤学家评级为质量较差的土壤^[5], 但是经过多年水土保持和土壤培育, 现在已经成为对于黄小米品种来说是相对肥沃的土壤。此外, 案例区处于北纬 36 度附近谷物黄金气候带, 中国传统的 4 个名优黄小米中有 3 个在本地带^[6]。

2 数据集元数据简介

本案例数据集^[7]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。

3 高都镇生态地理环境

3.1 地理范围

高都镇位于山西省东南部, 晋城市东北部, 距市区 20 km, 东与陵川县接壤; 西与巴公镇毗邻; 南与金村镇相连; 北与北义城镇为伴。泽州黄小米的地域范围主要在泽州县高都镇东部的大兴、横岭、北上矿、大路、善获、丰头、麻峪、岭上等 14 个行政村, 总面积 41 km², 中心区地理坐标为 113°5'E, 35°35'N (图 1、图 2), 位于谷物生产黄金纬度 36°附近。

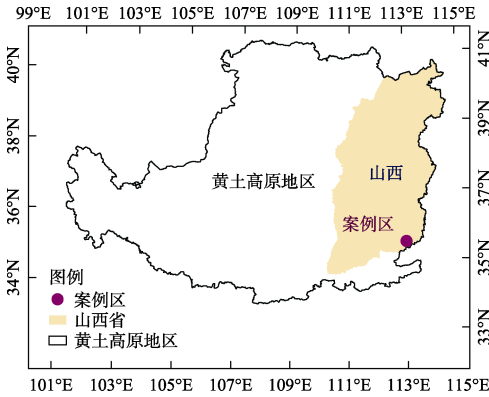


图 1 案例区在山西以及黄土高原的位置图

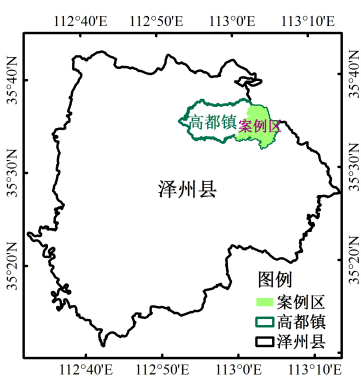


图 2 案例区所属行政区划图

表 1 《泽州黄小米（丹川小米）高都镇红黏土生境保护与可持续发展案例数据集》元数据简表

条目	描述
数据集名称	泽州黄小米（丹川小米）高都镇红黏土生境保护与可持续发展案例数据集
数据集短名	ZezhouMilletCase10
作者信息	张艾英, 山西农业大学谷子研究所, zay1012@126.com 郝转芳, 中国农业科学院作物科学研究所, haozhuanfang@caas.cn 张建军, 山西省泽州县高都镇政府 关军胜, 山西省泽州县高都镇政府 焦 凌, 山西省泽州县高都古邑农业专业合作社 焦红林, 山西省泽州县高都古邑农业专业合作社 郝奇奇, 晋城市星点测绘有限公司, 13994708771@139.com 王 飞, 中国科学院水利部水土保持研究所, wafe@ms.iswc.ac.cn 杨利斌, 中国科学院科技创新发展中心, lbyang@stidc.ac.cn 王正兴 L-5255-2016, 中国科学院地理科学与资源研究所, wangzx@igsrr.ac.cn
地理区域	泽州县高都镇的大兴、横岭、北上矿、大路、善获、丰头、麻峪、岭上等 14 个行政村, 面积为 41 km ² , 中心区地理坐标为 113°5'E, 35°35'N
数据年代	2001–2020
数据格式	.shp、.tif、.xlsx、.docx、.jpg
数据量	55.9 MB
数据集组成	案例区位置数据; 自然地理数据; 品种特性数据; 经营管理数据; 照片和图片
基金项目	中华人民共和国科学技术部 (2020YFD1000803-2)
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	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据 (中英文)、通过《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报 (中英文)》发表的数据论文。其共享政策如下: (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 ^[8]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS/ISC, GEOSS

3.2 黄土丘陵地区

高都镇以丘陵为主, 其中泽州黄小米主要种植区为丘陵中上部, 海拔范围 800–1,050 m, 地表相对平坦 (图 3、图 4), 而且经过水平梯田改造, 田面实际坡度远低于 DEM 计算的地表趋势坡度。例如, 在 33 个样地中, 只有 2 个地块的实际坡度介于 10–20 度, 其余 28 个在 10 度以下, 土地利用符合国家《水土保持法》规定 (图 5)。

3.3 红黏土壤

高都镇土壤类型主要为红黏土, 土壤数据来自 33 个样点 (图 6、图 7), 33 个土壤样点营养成分分布如表 3: 每个样点包括 pH 值、全氮、全磷、全钾、速效氮、有效磷、速效钾、有机质等 17 个要素。各项指标参照鲁如坤^[9]的方法测定。土壤 pH>7.5, 属于偏碱性土

壤，土壤各项指标达到土壤环境质量二级标准，符合农用地环境标准^[10-12]。有机质含量范围为 14.1–34.5 g/kg，其中含量大于 20 g/kg 达到丰富以上有 25 个点，全氮、速效钾全部达丰富以上，有效磷达丰富以上的有 26 个点，碱解氮达丰富以上的有 7 个点，铜达到丰富以上有 16 个点（表 2）。

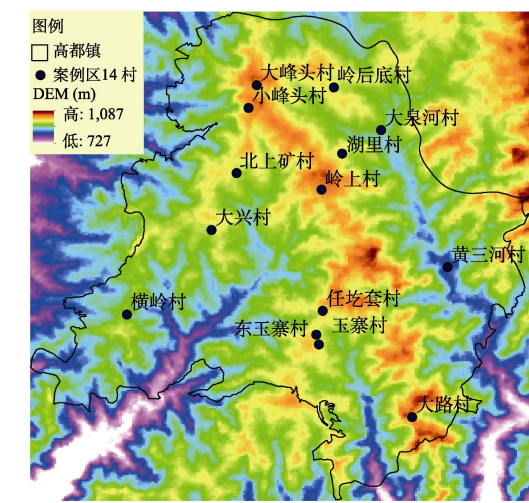


图 3 高都镇海拔高度分类图

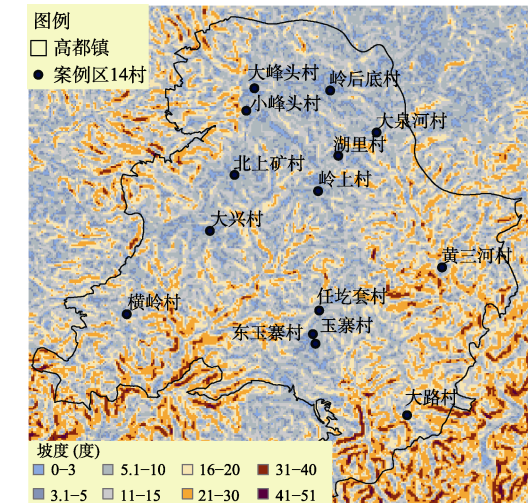


图 4 高都镇地形坡度分类图

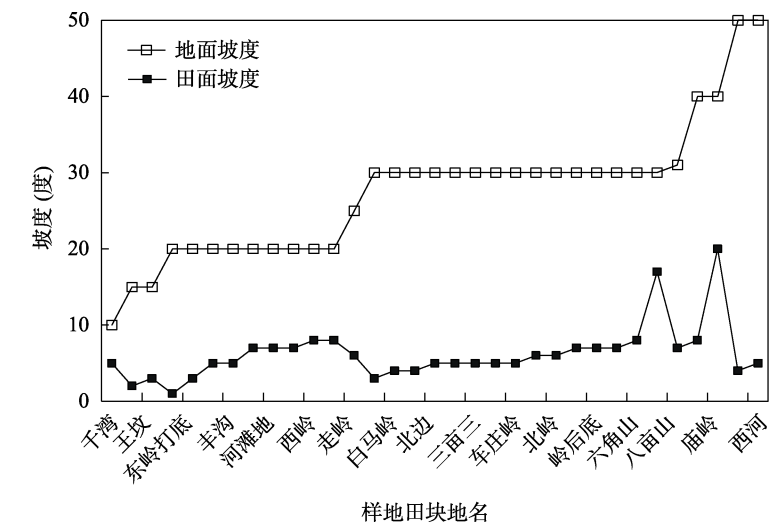


图 5 地面坡度与田面坡度比较图

3.4 温带大陆性雨热同季季风气候

高都镇属于典型的温带大陆性季风气候，四季分明，一般为：春季干旱多风，夏季炎热多雨，秋季秋高气爽，冬季寒冷干燥。年日照时数在 2,393–2,630 小时之间，平均为 2,563 小时。年平均气温 11–13 ℃，全镇多年无霜期 192.6 天，最多为 226 天，最少为 138 天，气温最高月份恰好对应谷子的生长季（图 8）；年平均降雨量在 450–860 mm，降水量主要分布在夏季七、八、九月（图 9），正好是谷子拔节–抽穗灌浆期需水时期，占年降水量的

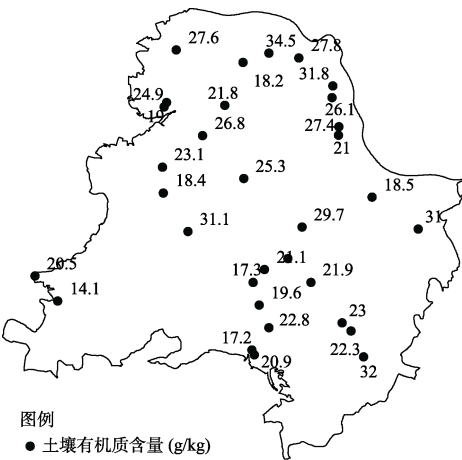


图 6 高都镇 33 个土壤样地有机质含量空间分布图

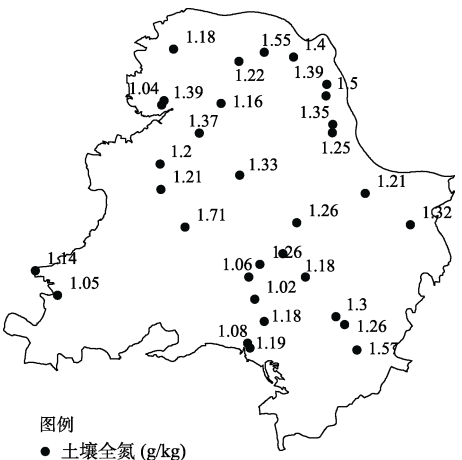


图 7 高度镇 33 个土壤样地全氮含量空间分布图

表 2 土壤样品检测结果统计表

序号	项目	样点值域	样点均值	典型地块	级别	土壤评估参考分级指标				
						极缺乏	缺乏	适中	丰富	极丰富
1	pH	7.5–8.1	7.69	8	偏碱	<5.5	5.5–6.5	6.5–7.5	7.5–8.5	>8.5
2	碱解氮 (mg/kg)	32.8–107	68.73	37.6	贫乏	<30.00	30–60	60–90	90–120	>120
3	有效磷 (mg/kg)	6.3–25	14.18	11.2	较丰富	<3.0	3.0–5.0	5.0–10.0	10.0–20.0	>20.0
4	速效钾 (mg/kg)	131–586	227.15	197	丰富	<30	30–50	50–100	100–150	>150
5	有机质 (g/kg)	14.1–34.5	23.58	20.2	较丰富	<6.0	6.0–10.0	10.0–20.0	20.0–30.0	>30
6	全氮 (g/kg)	1.02–1.71	1.27	2.15	极丰富	<0.65	0.65–0.80	0.80–1.00	1.00–1.20	>1.20
7	全磷 (g/kg)	0.63–0.92	0.76	1.09	极丰富	<0.50	0.50–0.75	0.75–1.00	1.00–1.50	>1.50
8	全钾 (g/kg)	17.1–20	18.93	28.4	极丰富	<3.0	3.0–5.0	5.0–10.0	10.0–15.0	>15.0
9	缓效钾 (mg/kg)	562–1,368	968.48	–						
10	有效铜 (mg/kg)	0.45–1.32	0.99	2.76	极丰富	<0.1	0.1–0.2	0.2–1.0	1.0–1.8	>1.8
11	有效锌 (mg/kg)	0.57–3.08	1.04	2.44	丰富	<0.3	0.3–0.5	0.5–1.0	1.0–3.0	>3.0
12	有效铁 (mg/kg)	1.3–5.9	4.13	7.32	适中	<2.5	2.5–4.5	4.5–10.0	10.0–20.0	>20.0
13	有效锰 (mg/kg)	0.3–7.8	3.87	6.84	适中	<1.0	1.5–5.0	5.0–15.0	15–30	>30
14	阳离子交换量 (cmol/kg)	20.1–28.9	23.76	–						
15	水溶态硼 (mg/kg)	0.36–0.85	0.54	–						
16	有效钼 (mg/kg)	0.3–0.42	0.36	–						
17	有效硫 (mg/kg)	9.8–46.5	28.00	–						

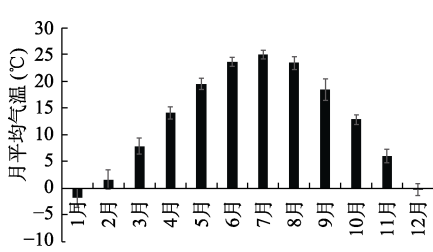


图 8 2001–2020 年泽州黄小米种植区域月平均气温

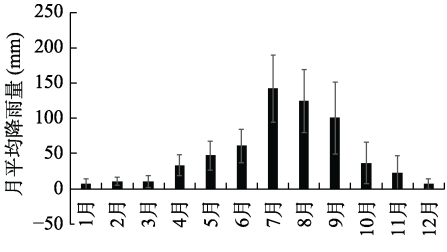


图 9 2001–2020 年泽州黄小米种植区域月平均降雨量

60%。虽然年际之间气温与降水有一定波动（图 10、图 11），但是高都镇气候条件非常适合泽州黄小米生长。

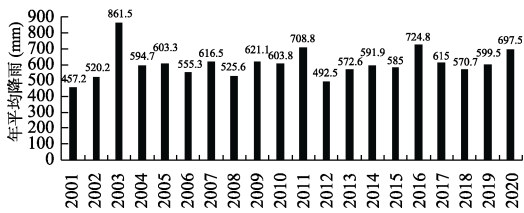


图 10 2001–2020 年泽州黄小米种植区域年平均降雨量

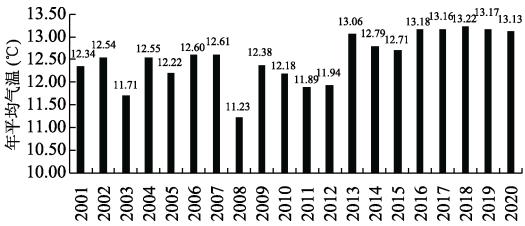


图 11 2001–2020 年泽州黄小米种植区域年平均气温

3.5 植被指数遥感监测

图 12 为 2020 年 5 月 10 日哨兵卫星植被指数 NDVI，显示高都镇秋季作物播种前及幼苗期植被覆盖，有一个植被覆盖度较低的窗口期，但是此时降水较少，少量降水在平坦地块就地入渗，所以水土流失可能性小。图 13 为第二季秋粮作物在雨热同季作用下，在降水最多季节覆盖也达到最大，地面基本全覆盖，没有新的侵蚀沟。秋季作物全盛期的植被覆盖：2020 年 8 月 10 日，哨兵卫星植被指数 NDVI。结合田块尺度的地形、土壤、植被，案例区农田目前整体安全，不存在水土流失，处于可持续发展水平。

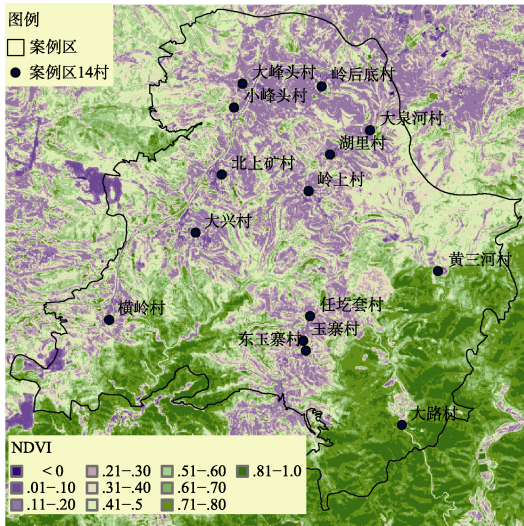


图 12 哨兵 2 号卫星 NDVI（2020-05-10）

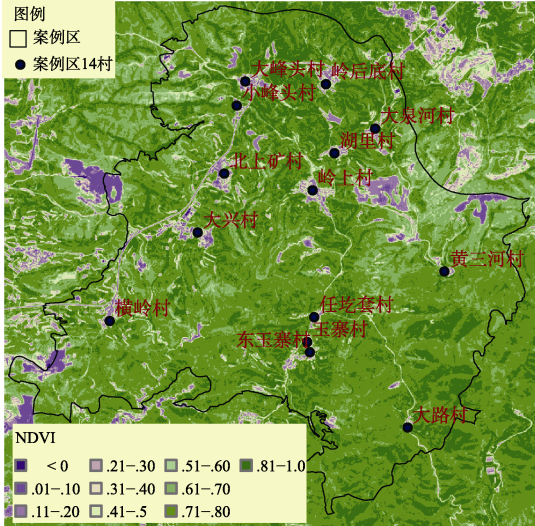


图 13 哨兵 2 号卫星 NDVI（2020-08-10）

4 泽州黄小米品种特性

4.1 泽州黄小米农学特征

天下小米看山西，山西小米看晋城，晋城小米属泽州。2020 年泽州黄小米的品种选用经生产时间认可的高产优质、抗倒伏能力和抗逆能力强的并且适合于本产地条件的优良品种晋谷 21 号^[13]。该品种幼苗绿色，单秆，主茎高 146–157 cm，茎粗 0.66 cm，主茎节数 23 节。穗圆筒型，穗长 22–25 cm，单穗重 22–24.5 g，穗粒重 16.7–22.7 g，出谷率 75–90%，

出米率 70%–80%，千粒重 3–3.3 g。单株草重 46 g，谷草比值 1 : 2.3。

4.2 泽州黄小米营养特征

泽州黄小米含有碳水化合物、蛋白质及氨基酸、脂肪及脂肪酸、维生素、矿物质等，各种营养元素比例适宜，是良好的食品营养源。从营养角度看：蛋白质、脂肪含量都超过了地方标准 DB/1300 B22 13—90^[14]。籽粒含粗蛋白 15.12%，脂肪 5.76%，淀粉 73.84%，赖氨酸 0.28%，不饱和脂肪酸总含量高达 85.54%；每千克小米含钙 153.8 mg、铁 53 mg，锌 30.9 mg。小米胶稠度 150 mm，碱消指数 2.1。米色金黄发亮、颗粒圆满、晶莹明亮，粳性，细柔光滑，营养丰富、味道香甜可口。与大米相比，小米中矿物微量元素的含量特点是：K、Fe、P 含量较高，其中硒以有机硒的形式存在，Se、K 含量分别为 0.06、207 mg/100g，Mg、Zn 含量分别为 993、23 mg/kg。且小米多酚类物质含量约为 0.3%–3%，有很强的抗氧化活性(表 3)。高都镇谷物的理化分析由农业农村部谷物及制品质量监督检验测试中心(哈尔滨)完成。

表 3 泽州黄小米的营养成分含量统计表

品质参数	单位	检验值	检验方法	DB/1300 B22 13—90 ^[14]
粗蛋白(干基)	g/100g	12.1	GB 5009.5—2016	>11.8
粗脂肪(干基)	g/100g	4.5	GB 5009.6—2016	>4.2
粗淀粉(干基)	%	79.27	NY/T 11—1985	
直链淀粉(占淀粉重)	%	26.6	NY/T 55—1987	17.1-20
碱消值	级	4.1	—	>2.5
胶稠度	mm	121	—	>115
维生素 B1	mg/100g	0.282	GB 5009.5—2016	
维生素 B2	mg/100g	0.0239	GB 5009.6—2016	
硒(以 Se 计)	mg/100g	0.060	GB 5009.93—2017	
磷(P)	mg/100g	117	GB 5009.6—2016	
钾(K)	mg/100g	207	GB 5009.93—2017	
钠(Na)	mg/100g	2.54	GB 5009.93—2017	
铜(Cu)	mg/kg	5.3	GB 5009.93—2017	
铁(Fe)	mg/kg	26.7	GB 5009.90—2016	
锌(Zn)	mg/kg	23	GB 5009.93—2017	
镁(Mg)	mg/kg	993	GB 5009.93—2017	
钙(Ca)	mg/kg	71.1	GB 5009.92—2016	

5 高都镇社会经济与经营管理

5.1 高都镇 2020 年社会经济状况

本案例高都镇东部 14 个村 2020 年有 2,472 户 7,522 口人，1,335.86 hm²耕地。其中谷子播种面积 410.27 hm²，总产量 210.65 万 kg(表 4)。高都镇黄小米播种面积和产量分别占泽州县的 61.56%和 82.25%，是泽州县黄小米的核心区。

5.2 泽州黄小米种植规范

5.2.1 种植与田间管理

图 14 揭示了泽州黄小米主要生产加工与质量控制环节。适宜泽州黄小米的生态地理环境中重要因素是红黏土。谷子种植一般选择地势平坦、保水保肥、排水良好、肥力中等的

表 4 高都镇 14 村生产状况统计表

序号	村庄/自然村	户数	人口 数量	耕地 (hm ²)	谷子面积 (hm ²)	谷子单产 kg/hm ²	谷子总产 (10 ⁴ kg)
1	横岭村	190	541	87.73	40.00	3,750.00	15.00
2	湖里村	111	332	82.80	43.33	6,000.00	26.00
3	岭上村	433	1,253	200.33	84.00	6,000.00	50.40
4	黄三河自然村	58	135	37.67	17.33	6,000.00	10.40
5	大泉河村	150	524	70.67	20.00	4,500.00	9.00
6-9	东玉寨、玉寨、 任圪套、大路	356	1,126	226.67	40.00	5,250.00	21.00
10	大兴村	364	1,182	207.67	57.67	5,250.00	30.28
11	小丰头自然村	80	251	41.00	11.00	4,500.00	4.95
12	北上矿村	248	728	128.00	26.67	4,500.00	12.00
13	大丰头村	233	690	125.99	23.60	4,500.00	10.62
14	岭后底村	249	760	127.33	46.67	4,500.00	21.00
合计/平均		2,472	7,522	1,335.86	410.27	5,137.50	210.65

地块，应进行合理轮作倒茬，以调节土壤养分，及时恢复地力，减少病虫草害，避免选择重茬和迎茬地块。由合作社统一提供种子和技术服务，在播种前 2-3 天，选择晴天中午将谷种均匀摊在地上晒种，播种前 1 天先用清水去秕籽，再用 10% 的盐水溶液浸泡，将下沉饱满籽实捞出，用清水洗净，晾干待播。谷子的播种方法有撒播、穴播、条播多种，谷子的播种量一般每亩地用种 500 g 左右，播种深度以 3-5 cm 左右为宜，播后镇压使种子紧贴土壤，以利于种子吸水发芽（图 14-1、14-2、14-3）。

5.2.2 收获与存储

收获时间一般在 9 月下旬至 10 月中旬，蜡熟末期或完熟期进行收获。此时谷子下部叶片变黄，上部叶片稍带绿色或呈黄绿色，籽粒变硬，成熟（断青）时及时收获。收获时要做到单收、单运、单脱粒、单储存，收获后及时清洁晾晒，严禁直接晾晒在水泥路面，避免由于水分过高导致霉变现象，干燥后严禁与有毒、有害、有腐蚀性、有异味物质、易挥发物质混存混放，以免影响小米的品质（图 14-4）。

5.2.3 产品加工

黄小米的加工严格按照国家有关标准进行生产操作，企业取得生产许可证，加工人员取得健康证。泽州黄小米利用传统工艺加工，采用传统石碾工艺加工，小米的营养成分集中在表皮，通过石碾脱皮的小米，在石碾低速运转过程中，不产生高温，避免了机械设备碾磨的高温对原粮品质的破坏，完整保留了小米本身的矿物质、维生素等营养成分，为顾客提供最优质的小米。

加工过程要精益求精，把好“三关”：原料入厂关、过程控制关、产品出厂关。生产过程中经过清杂、砻谷、脱壳、碾米、分级、色选、计量、包装、检验等工序完成。按要求



(1) 合作社选择红黏土农田农户



(2) 统一提供种子和技术服务



(3) 谷子成熟



(4) 人工收割



(5) 传统脱粒



(6) 自然晒干



(7) 工厂精加工



(8) 小米成品



(9) 包装车间



(10) 成品待售



(11) 成品仓库



(12) 产品品质

图 14 泽州黄小米主要生产加工与质量控制环节图

建立地理标志农产品泽州黄小米生产档案,详细记录产地环境、生产技术、病虫害防治和采收、生产过程等各环节所采取的具体措施。记录应字迹清晰,填写及时,内容应完整、准确。记录应至少保存5年。

5.3 泽州黄小米传统文化

泽州黄小米历史悠久,《泽州百科》记载,泽州黄主产地在泽州县大兴乡(现在的大兴村),由于特定土壤、气候、品种及管理措施,该乡所产谷子品质优良。去糠成米后,色泽金黄、颗粒圆润、晶莹明亮、营养丰富、味道香甜可口,因此誉满泽州。据传,明代兵部侍郎张昺回乡(高都镇大兴村)探亲时,把“大兴米”带回朝中,献给皇帝,受到皇帝的赞扬,“泽州黄”从此闻名。泽州黄小米生育期短,适应性广、耐干旱、耐储存、价格低廉,深受当地老百姓的厚爱。

6 讨论与结论

泽州黄小米的生长区域海拔范围741–1,076 m,昼夜温差大,种植谷子有利于大多数氨基酸和蛋白质的积累,且小米中的VB2、钾、铜、锌含量也高,该气候下生产的谷子有较低的糊化温度和较高的胶稠度,所以该气候条件种植的小米营养品质优良,适口性好^[15]。谷子生长区域土壤为红黏土,红黏土上种植谷子的小米中蛋氨酸、甘氨酸、胱氨酸、异亮氨酸较高,脂肪积累显著,有利于小米镁、铁、铜等的积累^[15]。所以高都镇独特的地理环境造就了泽州黄小米优质的品质。

泽州黄小米的生产从产地要求、品种范围、生产控制、收获极产后处理、生产记录要求进行了标准化;产品品质质量安全从外在感官特征、内在品质指标、强制性技术规范等方面进行了规范化指引;谷子种植基地有统一的操作规程和技术要求。所有这些为泽州黄小米地理标志品牌的打造提供了保障、奠定了基础。

泽州县高都镇东部14村,地处黄土高原地区的东南缘,与中国3个优质黄小米都处于北纬36度左右。通过地学数据以及地面样地数据分析,案例区农田以水平梯田为主,地面坡度主要在10度以内,地表有机质及营养元素丰富,雨季植被覆盖很好,地表没有明显的水土流失现象。其独特的气候条件以及在第三纪红黏土母质上发育的红色土壤,是形成特色泽州黄小米的主要因素,丰厚文化底蕴造就了泽州黄小米品牌,优质绿色农产品泽州黄小米可持续发展有待可期。

作者贡献:张艾英与郝转芳负责数据分析与论文写作。张建军与关军胜采集案例区基本数据、地块样地土壤理化数据。焦凌与焦红林收集农业合作社信息和土壤与谷物信息。郝奇奇负责案例区界线数据。王飞采集案例区气象数据。杨利斌负责团队组织、策划与协调、产品营销。王正兴负责地形、土壤、植被空间数据处理。

致谢:本项研究得到中国科学院地理科学与资源研究所刘闯研究员指导和帮助。笔者谨此深表谢忱。

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] Yang, X. Y., Wan, Z. W., Perry, L., *et al.* Early millet use in northern China [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(10): 3726–3730.
- [2] Bettinger, R. L., Barton, L., Morgan, C. The origins of food production in north China: a different kind of agricultural revolution [J]. *Evolutionary Anthropology*, 2010, 19(1): 9–21.
- [3] Lu, H. Y., Zhang, J. P., Liu, K. B., *et al.* Earliest domestication of common millet (*Panicum miliaceum*) in East Asia extended to 10000 years ago [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(18): 7367–7372.
- [4] 中华人民共和国农产品地理标志登记公示〔2017〕第5号[DB/OL]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/ncpzlaq/201801/t20180118_6135301.htm.
- [5] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区土壤资源及其合理利用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991.
- [6] 王滨. 中国四大名小米——原产地述略[J]. 黑龙江粮食, 2015: 45–48.
- [7] 张艾英, 郝转芳, 张建军等. 泽州黄小米(丹川小米)高都镇红黏土可持续发展案例数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.12.45.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.12.45.V1>.
- [8] 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. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017年更新).
- [9] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [10] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [11] 史文娇, 汪景宽, 边振兴等. 黑龙江北部土壤中主要重金属和微量元素状况及其评价[J]. 土壤通报, 2005(6): 66–69.
- [12] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查技术[M]. 北京: 农业出版社, 1982: 111.
- [13] 陆平, 刘敏轩. 中国谷子品种志(1986–2010)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 203.
- [14] 河北省地方标准. 优质食用粟品质及其检测方法(DB/1300 B22 13—90)[S]. 1990.
- [15] 张艾英, 郭二虎, 刁现民等. 不同气候和土壤对小米品质的影响[J]. 中国农业科学, 2019, 52(18): 3218–3231.