

# 永济市耕地质量等级评价报告

## (2021 年度)



山西农业大学资源环境学院

2022 年 10 月

## 前 言

耕地质量长期定位监测是《农业法》和《基本农田保护条例》赋予农业农村部门的重要职责之一，是农业农村部门的一项基础性、公益性、长期性工作，也是履行耕地质量保护职能的重要抓手。加强对我国耕地质量的了解和管理，可以有效提高农村农业耕地产能、增加粮食储备、保障粮食安全。耕地质量等级评价工作在农业生产和管理上发挥着重要意义，是精准农业的实施基础。

《永济市耕地质量等级评价报告(2021年度)》是基于永济市2021年度耕地质量监测点数据，结合永济市第三次国土调查成果数据信息，选取pH、有机质、有效磷、速效钾等土壤养分数据进行统计分析，同时结合有效土层厚度和土壤容重等耕地质量性状指标及其演变趋势的基础上，严格按照《全国耕地质量等级评价指标体系》和《耕地质量等级》（GB/T33469-2016）的要求，将土壤图、行政区划县乡图、DEM图和最新土地利用现状图件叠加形成评价单元图，按照统一标准确定评价指标体系，形成永济市2021年度耕地质量等级评价报告，评价结果显示永济市2021年度耕地质量平均等级4.51。

目 录

<b>第一章 概 况</b> .....	<b>1</b>
一、基本概念 .....	1
（一）耕地及耕地分类 .....	1
（二）耕地质量 .....	1
（三）耕地质量监测 .....	2
二、项目区耕地质量监测 .....	2
（一）监测点情况 .....	2
（二）区域地理信息资料情况 .....	3
（三）永济市概况及 2021 年全市耕地养分总体概述 .....	5
<b>第二章 耕地质量等级评价依据及指标体系</b> .....	<b>7</b>
一、耕地质量评价依据 .....	7
二、评价单元划分 .....	7
三、全国耕地质量等级分区 .....	8
五、耕地质量等级综合评价指数 .....	12
六、耕地质量等级划分标准 .....	13
<b>第三章 耕地质量等级评价结果</b> .....	<b>14</b>
一、概念型指标隶属及变化情况 .....	14
1 地形部位 .....	14
2 耕层质地 .....	15
3 质地构型 .....	15
4 生物多样性 .....	16
5 清洁程度 .....	16
6 障碍因素 .....	16
7 灌溉能力 .....	16
8 排水能力 .....	17
9 农田林网化 .....	17
二、土壤有机质含量情况 .....	18
三、土壤有效磷含量情况 .....	21
四、土壤速效钾含量情况 .....	24
四、其余数值型指标（pH、土层厚度、容重及海拔）情况 .....	27
五、2020 年高标准农田建设情况 .....	28
六、耕地质量等级评价结果 .....	30

# 第一章 概 况

## 一、基本概念

### （一）耕地及耕地分类

《土地利用现状分类》国家标准（GB/T21010—2017），将耕地定义为“种植农作物的土地，包括熟地、新开发、复垦、整理地，休闲地（含轮歇地、轮作地）；以种植农作物（含蔬菜）为主，间有零星果树、桑树或其他树木的土地；平均每年能保证收获一季的已垦滩地”。耕地可进一步细分为水田、水浇地和旱地三个二级地类。

其中，水田指用于种植水稻、莲藕等水生农作物的耕地，包括实行水生、旱生农作物轮作的耕地；水浇地指有水源保证和灌溉设施，在一般年景能正常灌溉，种植旱生作物（含蔬菜）的耕地；旱地指无灌溉设施，主要靠天然降水种植旱生作物的耕地，包括没有灌溉设施仅靠引洪淤灌的耕地。

### （二）耕地质量

耕地质量在国外有很多定义，目前，国际上比较通用的耕地质量概念，是Doran 和Parkin(1994)从生产力、环境质量和健康三个角度对土壤质量的定义，即土壤在生态系统中保持生物生产力、维护环境质量和促进植物、动物健康的能力。在我国，不同学者、不同部门从不同研究角度对耕地质量给出了不同的定义。农业部《耕地质量调查监测与评价办法》（农业部令2016 年第2 号）提出，耕地质量是指耕地地力、土壤健康状况及田间基础设施构成的满足农产品持续产出和质量安全的能力。2016 年12 月，农业部联合国家质量监督检验检疫总局发布了国家标准《耕地质量等级》（GB/T33469-2016）。标准中明确了耕地地力、土壤健康状况等21个相关耕地质量概念，其中耕地地力是指在当前管理水平下，由土壤立地条件（如地貌类型、地形部位、坡度、成土母质等）、自然属性（耕层厚度、质地等物理性状和养分状况等化学性状等）等相关要素构成的耕地生产能力。土壤健康状况是指土壤作为一个动态生命系统具有的维持其功能的持续能

力。土壤养分状况是指土壤养分的数量、形态、分解、转化规律以及土壤的保肥、供肥性能。

### （三）耕地质量监测

通过定点调查、田间试验、样品采集、分析化验、数据分析等工作，对耕地土壤理化性状、养分状况等变化开展的动态监测。

## 二、项目区耕地质量监测

### （一）监测点情况

永济市2021年耕地质量监测点共计111个，涉及城西街办、城东街办、城北街办、虞乡镇、卿头镇、开张镇、栲栳镇、蒲州镇、韩阳镇、张营镇等7个镇3街办111个村。其中城西街道2个监测点、城北街道8个监测点、城东街道5个监测点、虞乡镇12个监测点、卿头镇镇20个监测点、开张镇16个监测点、栲栳镇15个监测点、蒲州镇18个监测点、韩阳镇7个监测点、张营镇8个监测点。

项目区111个监测点土类为褐土，亚类按占比由小到大为褐潮土、脱潮土、褐土性土、石灰性褐土。成土母质以黄土母质为主，兼有洪积母质，质地以中壤为主，兼有少量重壤。质地构型以上松下紧型为主，兼有夹层型。监测点信息包括：省(市)名、地市名、区(区、市)名、乡镇名、村名、采样年份、经度、纬度、土类、亚类、土属、土种、地貌类型、地形部位、海拔高度、有效土层厚度(cm)、耕层厚度(cm)、耕层质地、耕层土壤容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )、质地构型、常年耕作制度、熟制、生物多样性、清洁程度、农田林网化程度、土壤pH、障碍因素、灌溉能力、灌溉方式、排水能力、有机质( $\text{g}/\text{kg}$ )、全氮( $\text{g}/\text{kg}$ )、有效磷( $\text{mg}/\text{kg}$ )、速效钾( $\text{mg}/\text{kg}$ )、缓效钾( $\text{mg}/\text{kg}$ )、主栽作物名称等内容。开展耕地质量长期定位监测工作，获取了大量的一手资料，掌握了土壤肥力变化规律，为耕地质量建设和保护提供了科学决策依据。

## （二）区域地理信息资料情况

耕地质量等级评价的基础图件包括土壤图、行政区划图和最新土地利用现状图。其中土壤图来源于国家基础地理信息中心资料；土地利用现状图为第二次全国土地调查更新数据库；地貌图、行政区划图、数字高程模型（DEM）来源于北京数字空间科技有限公司。



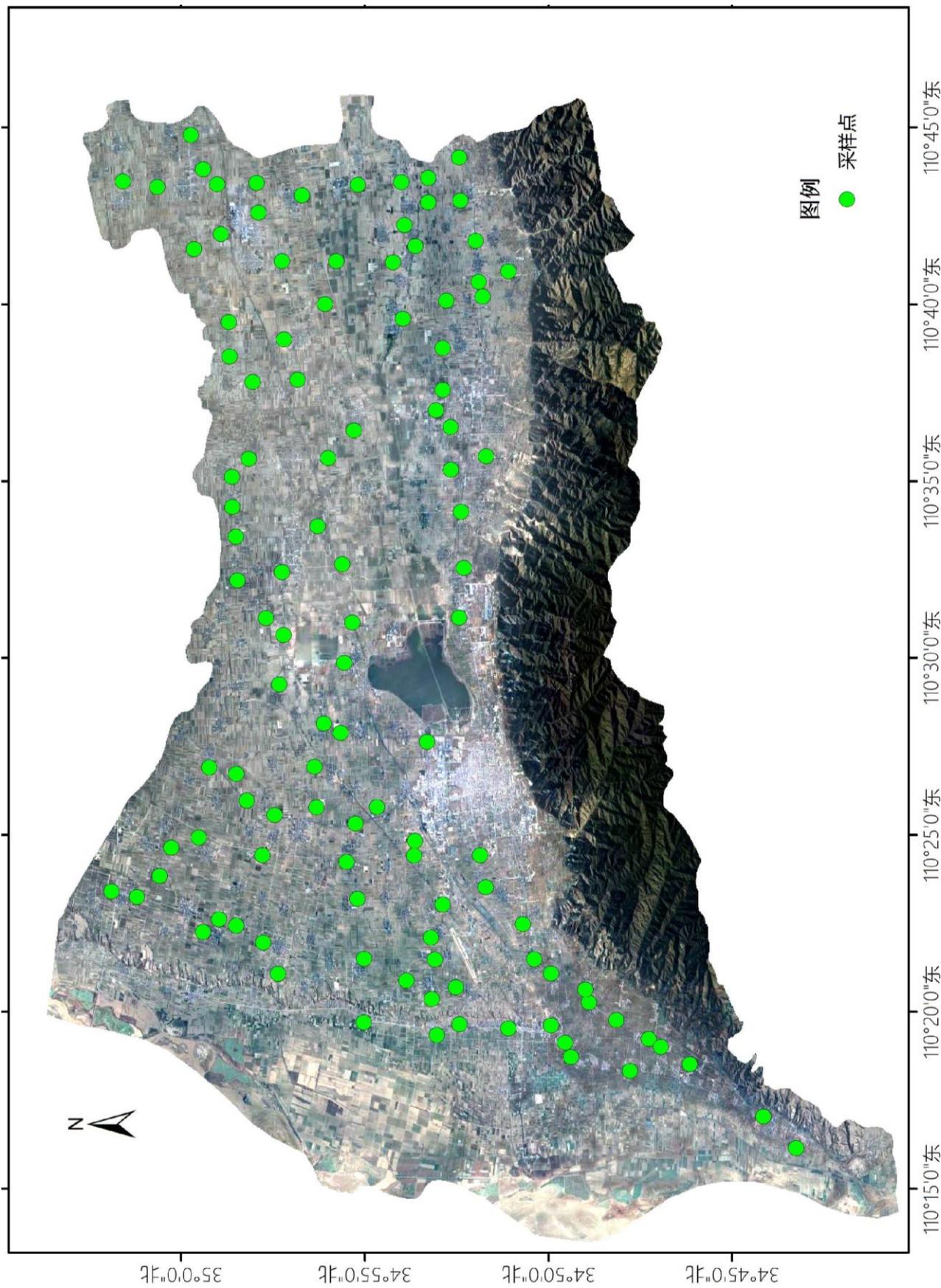
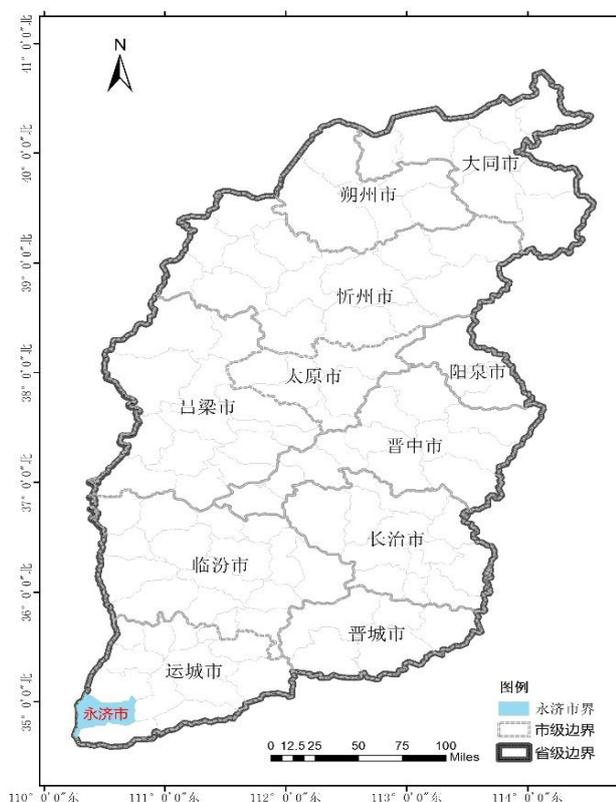


图 1. 永济市 2021 年监测点分布图

### （三）永济市概况及 2021 年全市耕地养分总体概述



永济市位于山西省西南部，运城盆地西南角，位于晋、秦、豫“黄河金三角”区域中心，是山西省的南大门。东经  $110^{\circ} 15' 00'' \sim 110^{\circ} 45' 33''$ ，北纬  $34^{\circ} 44' 50'' \sim 35^{\circ} 04' 20''$ 。西临黄河与陕西省大荔县、合阳县隔河相望，以黄河中心为界，边界线长 50.27 公里；南依中条山与芮城县接壤，边界线长 73 公里；东邻盐湖区，边界线长 36.2 公里；北接临猗县，边界线长 64 公里。市域东西长 49 公里，南北宽 43.5 公里，国土面积 1207.99 平方公里。

第三次国土调查结果显示，永济市控制面积 1208 平方公里，人口 45.90 万人，包括 7 个乡镇、黄河滩及 3 个街道办事处 195 个行政村家庄村。永济市耕地总面积 44182.98 公顷，居全市各地类面积之首，占全市土地总面积的 36.58%。联合国粮农组织于上世纪末提出人均耕地警戒线，即人均耕地面积应达到 0.089 公顷（约 1.335 亩）以上。永济市人口约为 49.50 万人，人均耕地面积 0.10 公顷，完全符合联合国确定的人均耕地警戒线。其中：水浇地面积 37141.79 公顷，占总耕地面积的 84.06%；旱地面积 5615.05 公顷，占总耕地面积的 12.71%；水田面积 1426.14 公顷，占总耕地面积的 3.23%。从耕地构成分析，永济市水浇地面积远大于旱地面积。

永济属温带大陆性气候，气候温和，四季分明，年平均气温  $14.1^{\circ}\text{C}$ ，最冷月平均气温  $-0.4^{\circ}\text{C}$ ，最热月平均气温  $27.1^{\circ}\text{C}$ ，极端最高气温  $41.3^{\circ}\text{C}$ ，极端最低气温  $-14.3^{\circ}\text{C}$ 。

冬季多干冷少雪，夏季高温高湿，秋季往往阴雨连绵，春季气温不稳定，空气较干燥。霜冻期在十月下旬至次年三月下旬，无霜期 219 天左右。日照年平均

为2191.4 小时，全年有光照的日数近200天。

年平均降水量530 毫米，最多年均降水记录851.8 毫米，最少年仅279毫米。受地形影响，南有东西走向的中条山，北有峨嵋塬，风向多为东风，东北风，西风和西南风，冬春两季的东风和西风相差不多，夏季东风多于西风，秋季西风多于东风，年平均风速2.5m/s。主要气象灾害有：干旱、干热风、大风、霜冻、雷击、冰雹、暴雨及连阴雨。

对2021年永济市耕地土壤养分进行监测发现，全氮含量变化范围为0.018%~0.216%，平均值0.116%，属于中等水平，变异系数33.4%；有效磷含量变化范围为2.9~59.9 mg/kg，平均值18.4 g/kg，属于中等水平，变异系数较大为68.6%；速效钾含量变化范围为70~892 mg/kg，平均值300 mg/kg，属于极高水平，变异系数43.7%；有机质含量变化范围为2.65~36.38 g/kg，平均值19.38 g/kg，属于中等水平，变异系数33.9%；缓效钾含量变化范围为352~1991 mg/kg，平均值1109 mg/kg，变异系数22.1%；pH变化范围为7.76~8.85，平均值8.33，为弱碱性，变异系数2.1%（表1）。

表1. 永济市2021年全市耕地养分统计表

统计项目	全氮 (%)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	缓效钾 (mg/kg)	有机质 (g/kg)	pH
最小值	0.018	2.9	70	352	2.65	7.76
最大值	0.216	59.9	892	1991	36.38	8.85
平均值	0.116	18.4	300	1109	19.38	8.33
标准偏差	0.039	12.6	131	245	6.56	0.18
变异系数	33.4	68.6	43.7	22.1	33.9	2.1

## 第二章 耕地质量等级评价依据及指标体系

### 一、耕地质量评价依据

- 1、《农用地质量分等规程》（GB/T28407-2012）；
- 2、《耕地质量等级》（GB/T33469-2016）；
- 3、《全国耕地质量等级评价指标体系》的通知（耕地评价函〔2019〕87 号）；
- 4、《耕地质量调查监测与评价办法》（农业部令 2016 年第 2 号）；
- 5、《土地利用现状分类》国家标准（GB/T21010—2017）；

### 二、评价单元划分

#### 评价单元划分原则

评价单元是由对耕地质量具有关键影响的各要素组成的空间实体，是耕地地力评价的最基本单位、对象和基础图斑。同一评价单元内的耕地自然基本条件、个体属性和经济属性基本一致。不同评价单元之间，既有差异性，又有可比性。耕地地力评价就是要通过对每个评价单元的评价，确定其地力等级，把评价结果落实到实地和编绘的耕地地力等级分布图上。因此，评价单元划分的合理与否，直接关系到评价结果的正确性及工作量的大小。进行评价单元划分时应遵循以下原则：

1、因素差异性原则：影响耕地地力的因素很多，但各因素的影响程度不尽相同。在某一区域内，有些因素对耕地地力起决定性影响，区域内变异较大；而另一些因素的影响较小，且指标值变化不大。因此，应结合实际情况，选择在区域内分异明显的主导因素作为划分评价单元的基础，如土壤条件、地貌特征、土地利用类型等。

2、相似性原则：评价单元内部的自然因素、社会因素和经济因素应相对均一，单元内同一因素的分值差异应满足相似性统计检验。

3、边界完整性原则：耕地地力评价单元要保证边界闭合，形成封闭的图斑，同时对面积过小的零碎图斑应进行适当归并。

### 评价单元赋值

本次评价以永济市第三次国土调查成果报告的耕地图斑作为本次评估的基础评价单元，图斑编号与国土三调编号一致。对各评价因子进行处理，生成评价信息空间数据库和属性数据库，对定性因素进行量化处理，对定量数据插值形成各评价因子专题图；将各评价因子的专题图分别与评价单元图进行叠加。将各因素赋值给评价单元的具体做法为：（1）地形部位、容重海拔等概念型指数以土壤二普结果制作相应的专题图，直接将专题图与评价单元图进行叠加获取相关数据。（2）灌溉能力、耕层质地等定性因子，采用“以点面”方法，将点位中的属性联入评价单元图。（3）耕层厚度和有机质、有效磷、速效钾等数值型指标，采用地统计学空间插值法将点位数据转为栅格数据，再叠加到评价单元图上。

经过以上步骤，最终确定本次评价的评价单元 21244 个，得到以评价单元为基本单位的评价信息库。单元图形与相应的评价属性信息相连，为后续的耕地质量评价奠定基础。

## 三、全国耕地质量等级分区

农业农村部耕地质量监测保护中心按照第三次全国国土调查耕地质量等级调查评价工作总体安排部署，按照基础性指标和区域补充性指标相结合以及遵循上述原则选定了各区域所辖二级农业区的评价指标，建立了各指标权重和隶属函数，并明确了耕地质量等级划分指数，形成了《全国耕地质量等级评价指标体系》。

全国耕地质量等级评价共分为：东北区、内蒙古及长城沿线区、黄淮海区、黄土高原区、长江中下游区、西南区、华南区、甘新区、青藏区九大区。山西省是典型的黄土广泛覆盖的山地高原，地势东北高西南低。

山西省分为黄土高原和内蒙古及长城沿线区两个一级农业区；北部属于长城沿线农牧区、东部属于晋东豫西丘陵山地农林牧区、西部属于晋陕甘黄土丘陵沟壑牧林农区、中南部属于汾渭谷地农业区等四个二级农业区。

永济市属于黄土高原一级农业区下的汾渭谷地二级农业区。

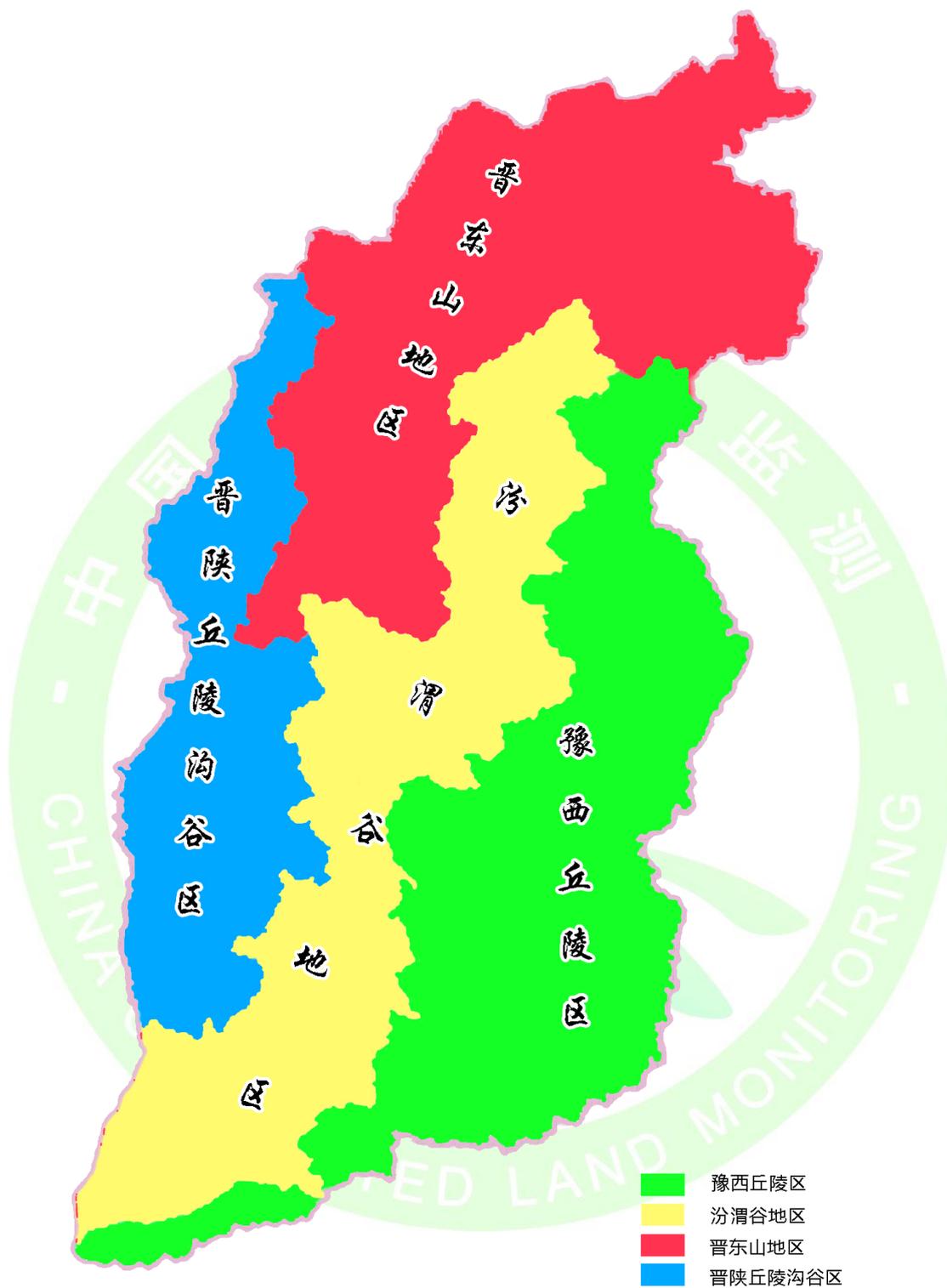


图2. 山西省耕地质量等级评价分区图

#### 四、耕地质量评价指标体系及权重

本次评价根据农业农村部耕地质量监测保护中心关于印发《全国耕地质量等级评价指标体系》的通知（耕地评价函〔2019〕87 号）所确定的指标体系（表1），选择16 个指标对耕地质量进行评价。选定的评价因子分为概念型评价因子和数值型评价因子两类，应用模糊数学的概念，选用隶属函数法和专家经验法等数据标准化方法，对评价因子进行数据标准化。对概念型评价因子要进行数值化描述，对数值型评价因子要应用最小二乘法建立隶属函数，根据选定的评价因子与地力的关系分为戒上型函数、戒下型函数、峰型函数、直线型函数四种函数模型，经过特尔菲法拟合隶属函数方程。

表2. 汾渭谷地农业区耕地质量评价指标体系及权重

序号	指标名称	指标权重
1	地形部位	0.1355
2	灌溉能力	0.1349
3	有机质	0.0856
4	耕层质地	0.0696
5	海拔高度	0.0636
6	质地构型	0.0727
7	有效磷	0.0665
8	有效土层厚度	0.0550
9	速效钾	0.0544
10	排水能力	0.0644
11	土壤容重	0.0452
12	障碍因素	0.0412
13	酸碱度	0.0310
14	农田林网化	0.0318
15	生物多样性	0.0270
16	清洁程度	0.0216

指标隶属函数如表3、表4 所示。

表3. 概念型指标隶属度

地形部位	冲积平原	河谷平原	河谷阶地	洪积平原	黄土塬	黄土台塬	河漫滩	低台地	黄土残塬	低丘陵	黄土坪	高台地
隶属度	1	1	0.9	0.85	0.8	0.7	0.7	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65
地形部位	黄土塬	黄土梁	高丘陵	低山	黄土崩	固定沙地	风蚀地	中山	半固定沙地	流动沙地	高山	极高山
隶属度	0.65	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2
耕层质地	砂土	砂壤	轻壤	中壤	重壤	黏土						
隶属度	0.4	0.6	0.85	1	0.8	0.6						
质地构型	薄层型	松散型	紧实型	夹层型	上紧下松型	上松下紧型	海绵型					
隶属度	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7	1	0.9					
生物多样性	丰富	一般	不丰富									
隶属度	1	0.7	0.4									
清洁程度	清洁	尚清洁	轻度污染	中度污染	重度污染							
隶属度	1	0.7	0.5	0.3	0							
障碍因素	盐碱	瘠薄	酸化	渍潜	障碍层次	无						
隶属度	0.4	0.6	0.7	0.5	0.5	1						
灌溉能力	充分满足	满足	基本满足	不满足								
隶属度	1	0.7	0.5	0.3								
排水能力	充分满足	满足	基本满足	不满足								
隶属度	1	0.7	0.5	0.3								
农田林网化	高	中	低									
隶属度	1	0.7	0.4									

表 4. 数值型指标隶属度函数

指标名称	函数类型	函数公式	a值	c值	u的下限值	u的上限值
pH	峰型	$y=1/(1+a(u-c)^2)$	0.225097	6.685037	0.4	13.0
有机质	戒上型	$y=1/(1+a(u-c)^2)$	0.006107	27.680348	0	27.7
速效钾	戒上型	$y=1/(1+a(u-c)^2)$	0.000026	293.758384	0	294
有效磷	戒上型	$y=1/(1+a(u-c)^2)$	0.001821	38.076968	0	38.1
土壤容重	峰型	$y=1/(1+a(u-c)^2)$	13.854674	1.250789	0.44	2.05
有效土厚度	戒上型	$y=1/(1+a(u-c)^2)$	0.000232	131.349274	0	131
海拔	戒下型	$y=1/(1+a(u-c)^2)$	0.000001	649.407006	250.7	1631.4

注：y 为隶属度；a 为系数；u 为实测值；c 为标准指标。当函数类型为戒上型，u 小于等于下限值时，y 为0；u 大于等于上限值时，y 为1；当函数类型为戒下型，u 小于等于下限值时，y 为1；u 大于等于上限值时，y 为0；当函数类型为峰型，u 小于等于下限值或u 大于等于上限值时，y 为0。

## 五、耕地质量等级综合评价指数

利用累计加权法得出每个评价单元的综合指数，公式如下：

$$IQI = \sum (Q_i * C_i)$$

公式中，IQI 表示耕地质量综合指数； $Q_i$  表示第 i 个评价因素的得分； $C_i$  表示 i 个因素的组合权重。将参与评价的各影响因子的隶属值实行加权组合计算每一个评价单元的综合指数分值，分值越大表示耕地质量的等级越高，反之，分值越小表示耕地质量的等级越低。

## 六、耕地质量等级划分标准

表5、耕地质量等级综合指数分级表

耕地质量等级	黄土高原区综合指数范围
一等	$\geq 0.9040$
二等	0.8600-0.9040
三等	0.8280-0.8660
四等	0.7900-0.8280
五等	0.7520-0.7900
六等	0.7140-0.7520
七等	0.6760-0.7140
八等	0.6380-0.6760
九等	0.6000-0.6380
十等	$\leq 0.6000$



## 第三章 耕地质量等级评价结果

永济市布置监测点111个,分布在永济市10个乡镇。其中城西街道2个采样点、城北街道8个采样点、城东街道5个采样点、虞乡镇12个采样点、卿头镇镇20个采样点、开张镇16个采样点、栲栳镇15个采样点、蒲州镇18个采样点、韩阳镇7个采样点、张营镇8个采样点。

### 一、概念型指标隶属及变化情况

#### 1 地形部位

地貌是地球表面各种高低起伏形态的总称。在地理学中地貌也称“地形”，是内、外营力地质作用对地壳综合作用的结果，是地球表层系统中最重要组成要素之一。直接影响着其他要素的变化特征，并在一定程度上控制了其他环境因子的分布与变化，无论是水利设施的选址、高速铁路的规划施工、精细农业管理、地貌灾害预防和评估。地貌也是地域分异的重要标志和主导因素，也是土地分级与分类的主导标志，它直接或间接地影响着土地利用方向、结构、布局和改造措施。地形部位指中小地貌单元，即对大地貌类型进行进一步细分，地形部位是耕地质量等级评价的重要指标。

永济市抵触中条山北麓，还摆在 335 m - 2000 m 之间，按地形、地貌类型可分为土石山区、黄土台塬区、平川区、黄土丘陵沟壑区、黄河阶地区等五个类型区。

**土石山区：**中条山侵蚀地貌，最高海拔 1993.6 m（位于五老峰），山势陡峻，峰高谷深，主沟垂直，山脉发育呈现梳状排列，相对高差 1000 m 左右，部分基岩裸露，植被发育一般。

**黄土台塬区：**又称栲栳台塬，属于剥蚀堆积型地貌，海拔在 375 m - 400 m 之间，地面较为平坦，微具起伏，并向东南倾斜。

**平川区：**也称涑水平川区，海拔在 345 m - 375 m 之间，涑水河、姚暹渠与伍姓湖坐落其间，东部地势开阔，西部地势狭窄，呈谷状两倾。中条山前沿

部分的山前倾斜平原也属于该地貌类型，区域内洪积扇成群，构成起伏不平的地貌，总趋势由南而北倾斜，海拔在 350 m - 400 m 之间

**黄土丘陵沟壑区：**属于堆积型地貌，坐落在黄河阶地与栲栳台塬之间以及中条山的龙头部分，其沟道密布，植被覆盖好，水土流失不显著。

**黄河阶地：**属于堆积型地貌，坐落在市境西部，呈南北狭长带。一级阶地较为平坦，横向倾斜较陡，阶地两侧地势较低，局部较低洼地区，土地盐碱。

永济市耕地区域地形部位有冲积平原、河谷平原、河谷阶地、洪积平原、黄土台塬、河漫滩和中山等，各地形部位对应隶属度为 1.0、1.0、0.9、0.85、0.7、0.7 和 0.4。

## 2 耕层质地

土壤质地是由土壤中不同直径的颗粒组成进行划分的土壤类型，是土壤基本物理性质之一，与土壤的其他理化性质直接相关，在一定程度上决定了土壤侵蚀性、蓄水导水性、通透性等物理性质，影响着土壤肥力高低、耕性及生产性能，对土壤在生态环境中的作用也有明显的影响。土壤质地作为非常重要的地表参数，广泛应用于土壤肥力估计、土壤资源评价、大气动力学及热力学方过程中，在土壤风蚀模式、地表土壤水文学、大气和陆面过程模式等领域也有着广泛的应用。

我国土壤剖面 and 土壤专题地图的土壤质地分类标准为美国农业部制 (USDA) 进行转换而来。对应为砂土、壤土、轻壤、中壤、重壤和黏土等。

永济市耕地的土类为褐土，亚类按占比由小到大为褐潮土、脱潮土、褐土性土、石灰性褐土。成土母质以黄土母质为主，兼有洪积母质，质地以中壤为主，兼有少量重壤。中壤和重壤对应的隶属度为 1.0、0.8。

## 3 质地构型

质地构型是土壤质地的一种，耕层质地是土壤质地在水平空间的分布情况，而质地构型则是土壤质地在垂直空间的分布情况，决定着土壤剖面垂直方向上的质地层次排列，直径影响突然水肥气热的协调。

永济市耕地土壤母质为红、黄土质，表层质地为中壤，宜耕宜种，其下为

过渡层或锥形层，土色加深。心底土层为黏化层，土色棕褐，质地为重壤土，黏化层以下为钙积层。土体型以蒙金型为主。永济市土壤质地构型按站别大小排列分别是上松下紧（隶属度为 1.0）、紧实型（隶属度为 0.6）夹层型（隶属度为 0.5）、松散型（隶属度为 0.4）。

#### 4 生物多样性

生物多样性是综合反应耕地土壤生物物种、生物群落和功能多样性及生态平衡状态，是土壤健康状况的重要组成部分。经现场调查和查阅资料，项目区内动物多样性、微生物群落多样性及土壤酶活性较为丰富，全市生物多样性为丰富（隶属度 1.0）和一般（隶属度 0.7）。

#### 5 清洁程度

清洁程度是反应耕地土壤健康状况的重要指标，通过查阅相关资料，按照 HJ/T 166 规定，计算内梅罗污染指数  $(P_N) = \{[(PI_{均})^2 + (PI_{最大})^2] / 2\}^{1/2}$ ，得出内梅罗指数范围是： $0.7 < P_N \leq 1.0$ ，全市区清洁程度为尚清洁，该指标隶属度为 0.7。

#### 6 障碍因素

障碍因素是反应土体中妨碍农作物正常生长发育、对农产品产量和品质造成不了影响的因素。全市耕地无酸、瘠薄、渍潜等障碍层次情况，少量耕地存在盐碱障碍、永济市耕地区域障碍因素为无（隶属度为 1.0）和盐碱（隶属度 0.4）。

#### 7 灌溉能力

灌溉能力是保障农作物耗水的关键要素，直接影响耕作制度及耕地生产能力。通过调查水源类型、位置、灌溉方式、管改良，综合判断灌溉用水量在多年灌溉中能够得到满足的程度。永济市耕地中水浇地灌溉能力为满足（隶属度 0.7）和充分满足（隶属度 1.0），旱地灌溉能力为满足（隶属度 0.7）和基本满

足（隶属度 0.5）。

## 8 排水能力

排水能力是指为保证农作物正常生长，及时排出农田地表积水，有效控制和降低地下水位的能力。永济市耕地排水能力为满足和基本满足，对应隶属度分别是 0.7 和 0.5。

## 9 农田林网化

农田林网化程度是农田四周的林带保护面积与农田总面积之比，对农田及周边小气候、防风固沙、缓解污染等方面起到重要作用。永济市农田林网化程度为高、中，对应隶属度为 1.0、0.7。



## 二、土壤有机质含量情况

土壤有机质是土壤的重要组成部分,它含有植物生长所必需的各种营养元素并影响养分循环,改善土壤结构稳定性,影响土壤保水能力、阳离子交换能力、pH 等土壤理化和生物学特征,决定着农作物产量。它是土壤微生物生命活动的能源,对土壤理化及生物学特性有深远的影响。其含量的高低不仅与土壤肥力水平密切相关,是农田土壤养分管理的综合结果和肥力演变的重要标志。

土壤有机质含量空间分布基本体现了自然因素和人为因素的双重影响,永济市各乡镇土壤有机质含量范围为2.65-36.38 g/kg,平均值为19.38 g/kg,对应平均隶属度0.7049。含量极高 (>30 g/kg) 高 (20-30 g/kg)、中等 (15-20 g/kg)、低 (10-15 g/kg)、很低 (6-10 g/kg)、极低 ( $\leq 6$  g/kg) 所占比例分别为6.3%、36.0%、31.5%、18.9%、6.3%、0.9%。各乡镇有机质平均含量分别为城西街道23.9 g/kg、城北街道17.24 g/kg、城东街道30.41 g/kg、虞乡镇22.09 g/kg、卿头镇18.10 g/kg、开张镇19.97 g/kg、栲栳镇15.01 g/kg、蒲州镇19.68 g/kg、韩阳镇19.97 g/kg、张营镇18.50 g/kg。

表6. 监测点土壤有机质含量统计表

乡镇	采样数	范围 /g·kg <sup>-1</sup>	平均值 /g·kg <sup>-1</sup>	各级别占的比例/%					
				极高	高	中等	低	很低	极低
城西街道	2	19.64-28.17	23.90	0	50	50	0	0	0
城北街道	8	10.68-26.12	17.24	0	25.0	37.5	37.5	0	0
城东街道	5	19.75-36.38	30.41	60.0	20.0	20.0	0	0	0
虞乡镇	12	13.14-29.54	22.09	0	75.0	16.7	8.3	0	0
卿头镇	20	8.34-30.94	18.10	5.0	30.0	35.0	25.0	5.0	0
开张镇	16	12.64-35.04	19.97	6.25	37.5	25	31.25	0	0
栲栳镇	15	2.65-25.87	15.01	0	20.0	33.3	26.7	13.3	6.7
蒲州镇	18	8.03-31.25	19.68	5.6	38.9	38.9	5.6	11.1	0
韩阳镇	7	8.43-30.41	19.97	14.3	42.9	14.3	0	28.6	0
张营镇	8	11.25-29.79	18.50	0	25.0	50.0	25.0	0	0
合计	111	2.65-36.38	19.38	6.3	36.0	31.5	18.9	6.3	0.9

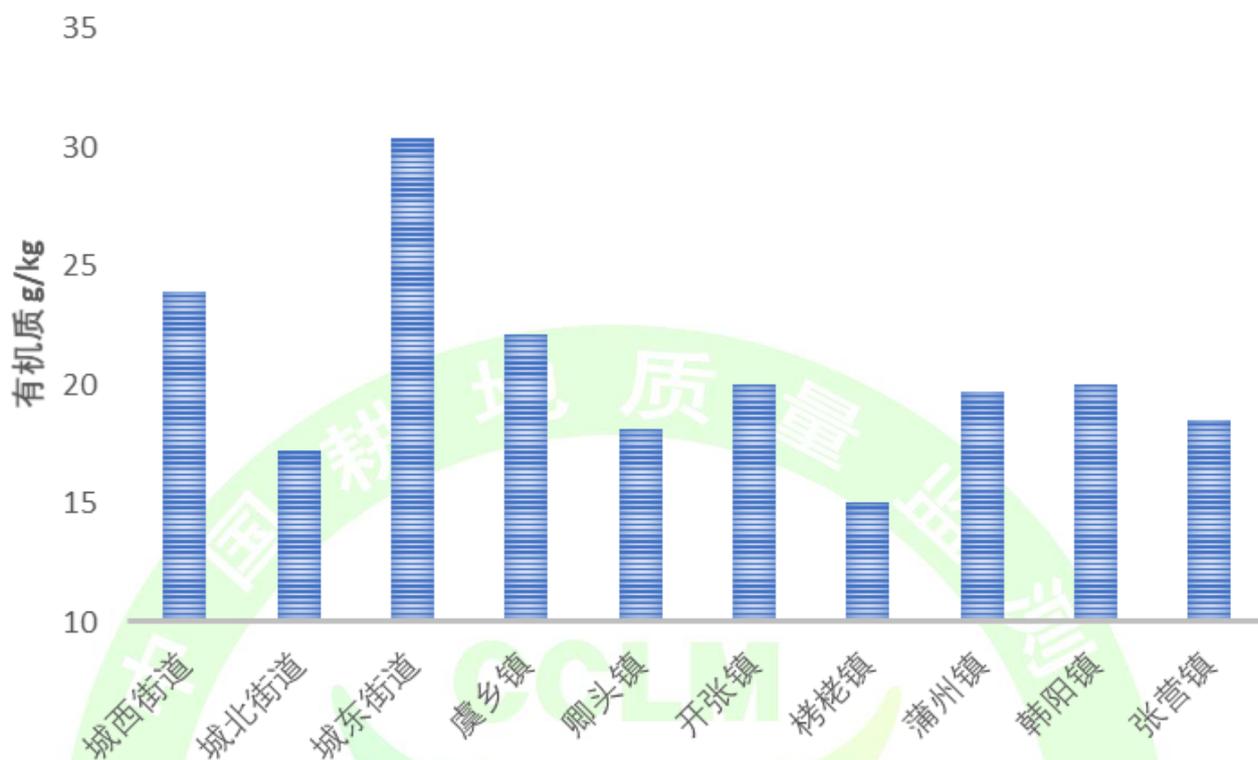
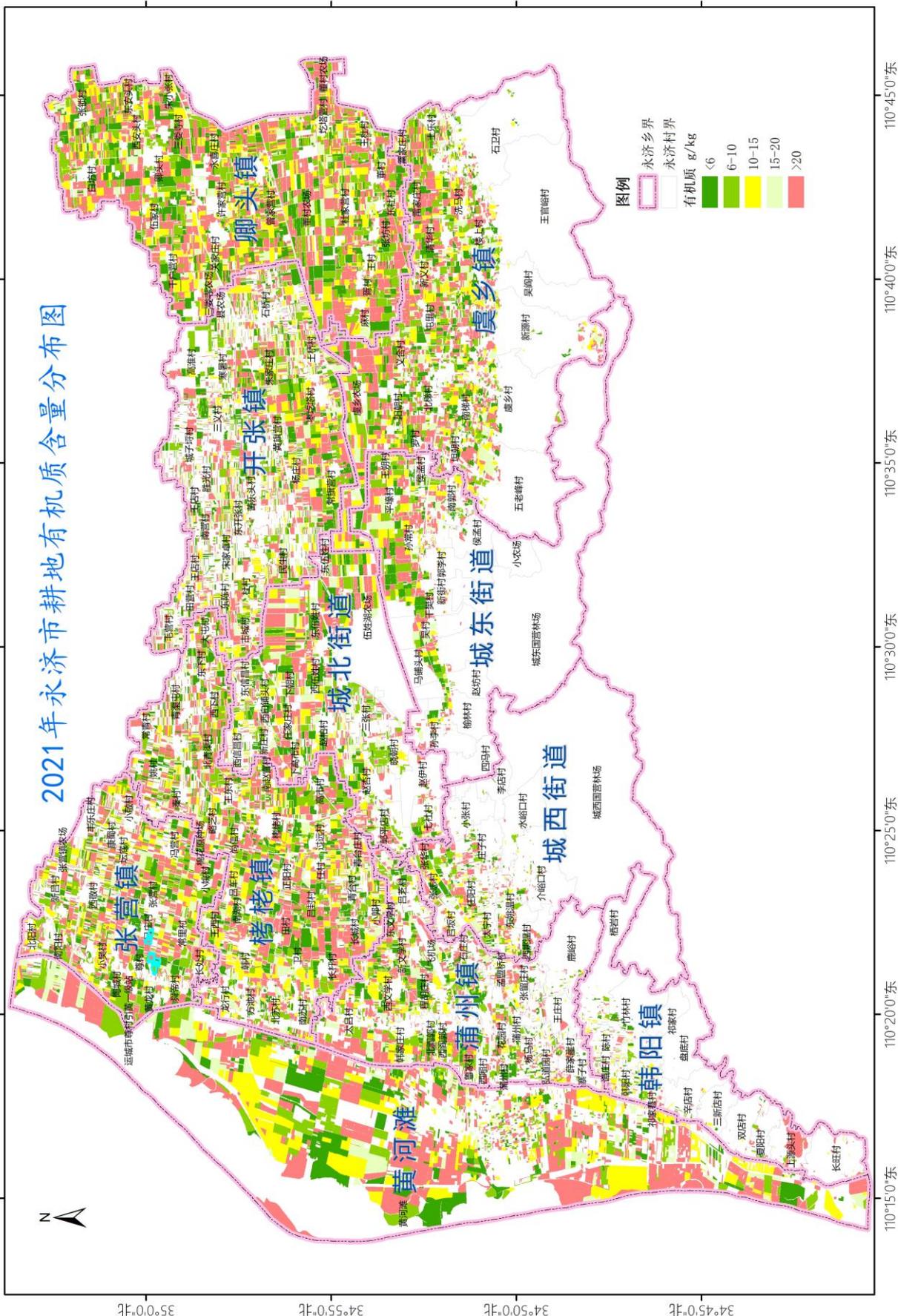


图3. 永济市2021年土壤有机质含量分布图



### 三、土壤有效磷含量情况

磷是植物生长发育必需的营养元素。土壤中的磷素的多少及有效程度对作物产量和品质至关重要，是土壤肥力的重要指标之一，而土壤有效磷是当季作物可从土壤中获取的主要磷养分资源。

土壤有效磷含量空间分布基本体现了自然因素和人为因素的双重影响，永济市县各乡镇土壤有效磷含量范围为2.9–59.9 mg/kg，平均值为18.4 mg/kg，对应平均隶属度0.5865。含量极高(40 mg/kg)、高(20–40 mg/kg)、中等(10–20 mg/kg)、低(5–10 mg/kg)、很低(3–5 mg/kg)、极低( $\leq 3$  mg/kg)所占比例分别为7.2%、30.6%、36.9%、13.5%、10.8%和0.9%。各乡镇有效磷平均含量分别为城西街道12.6 mg/kg、城北街道20.5 mg/kg、城东街道24.3 mg/kg、虞乡镇12.6 mg/kg、卿头镇23.0 mg/kg、开张镇19.1 mg/kg、栲栳镇18.8 mg/kg、蒲州镇15.0 mg/kg、韩阳镇16.0 mg/kg、张营镇18.4 mg/kg。

表7. 监测点土壤有效磷含量统计表

乡镇	采样数	范围 /mg · kg <sup>-1</sup>	平均值 /mg · kg <sup>-1</sup>	各级别占的比例/%					
				极高	高	中等	低	很低	极低
城西街道	2	12.2–13.0	12.6	0	0	100	0	0	0
城北街道	8	3.5–47.2	20.5	12.5	25.0	50.0	0	12.5	0
城东街道	5	13.6–35.3	24.3	0	80.0	20.0	0	0	0
虞乡镇	12	3.3–23.1	12.6	0	16.7	41.7	33.3	8.3	0
卿头镇	20	2.9–59.9	23.0	20.0	30.0	30.0	5.0	10.0	5.0
开张镇	16	3.1–57.7	19.1	6.25	37.5	12.5	25	18.75	0
栲栳镇	15	4.3–58.1	18.8	6.7	26.7	46.7	13.3	6.7	0
蒲州镇	18	3.3–30.9	15.0	0.0	33.3	38.9	11.1	16.7	0
韩阳镇	7	4.0–45.4	16.0	14.3	14.3	28.6	28.6	14.3	0
张营镇	8	12.0–33.1	18.4	0	37.5	62.5	0	0	0
合计	111	2.9–59.9	18.4	7.2	30.6	36.9	13.5	10.8	0.9

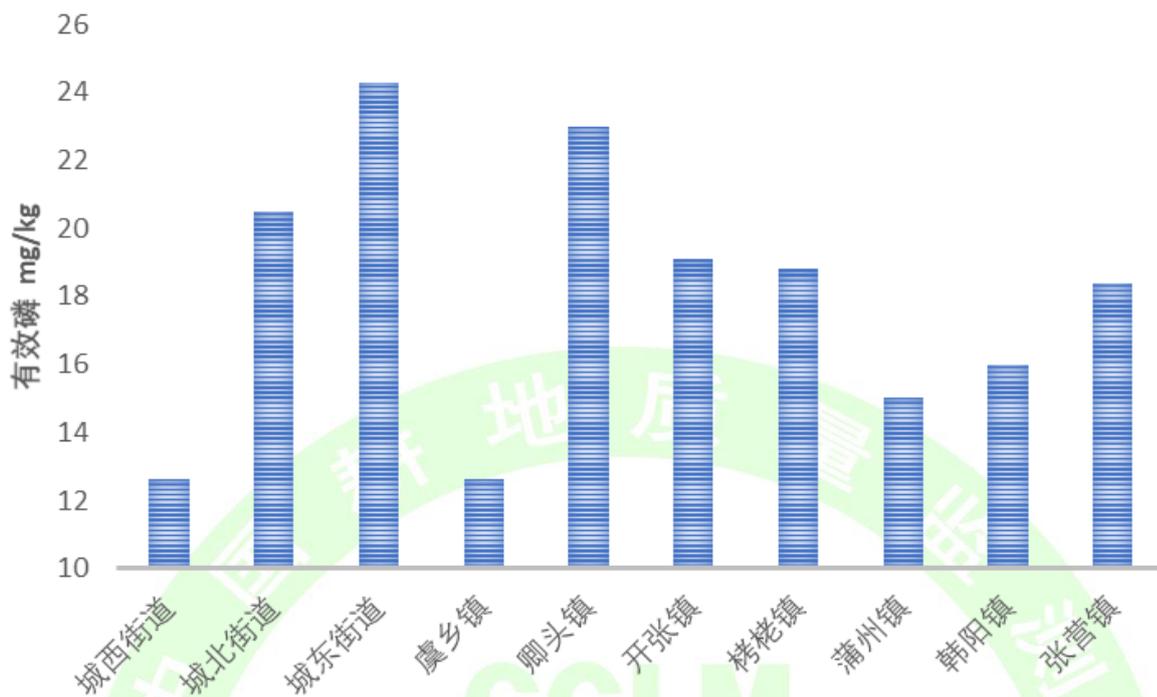


图4. 永济市2021年土壤有效磷含量分布图



#### 四、土壤速效钾含量情况

钾是作物生长不可缺少的大量营养元素。土壤中速效钾能在短期内被作物吸收利用。监测土壤速效钾含量的变化趋势，对合理利用钾肥资源，提高施肥效果具有重要意义。

土壤速效钾含量空间分布基本体现了自然因素和人为因素的双重影响，永济市各乡镇土壤速效钾含量范围为70-892 mg/kg，平均值为300 mg/kg，对应隶属度0.9989。含量极高(>200 mg/kg)、高(150-200 mg/kg)、中等(100-150 mg/kg)、低(50-100 mg/kg)所占比例分别为80.2%、10.8%、7.2%、1.8%。各乡镇速效钾平均含量分别为城西街道244 mg/kg、城北街道232 mg/kg、城东街道286 mg/kg、虞乡镇292 mg/kg、卿头镇355 mg/kg、开张镇375 mg/kg、栲栳镇272 mg/kg、蒲州镇276 mg/kg、韩阳镇237 mg/kg、张营镇282 mg/kg。

表8. 监测点土壤速效钾含量统计表

乡镇	采样数	范围 /mg·kg <sup>-1</sup>	平均值 /mg·kg <sup>-1</sup>	各级别占的比例/%					
				极高	高	中等	低	很低	极低
城西街道	2	237-251	244	100	0	0	0	0	0
城北街道	8	126-375	232	62.5	12.5	25.0	0	0	0
城东街道	5	140-380	286	80.0	0	20.0	0	0	0
虞乡镇	12	95-465	292	83.3	8.3	0	8.3	0	0
卿头镇	20	171-711	355	95.0	5.0	0	0	0	0
开张镇	16	138-892	375	93.75	0	6.25	0	0	0
栲栳镇	15	70-480	272	66.7	26.7	0	6.7	0	0
蒲州镇	18	123-431	276	77.8	11.1	11.1	0	0	0
韩阳镇	7	107-405	237	57.1	28.6	14.3	0	0	0
张营镇	8	117-407	282	75.0	12.5	12.5	0	0	0
合计	111	70-892	300	80.2	10.8	7.2	1.8	0	0

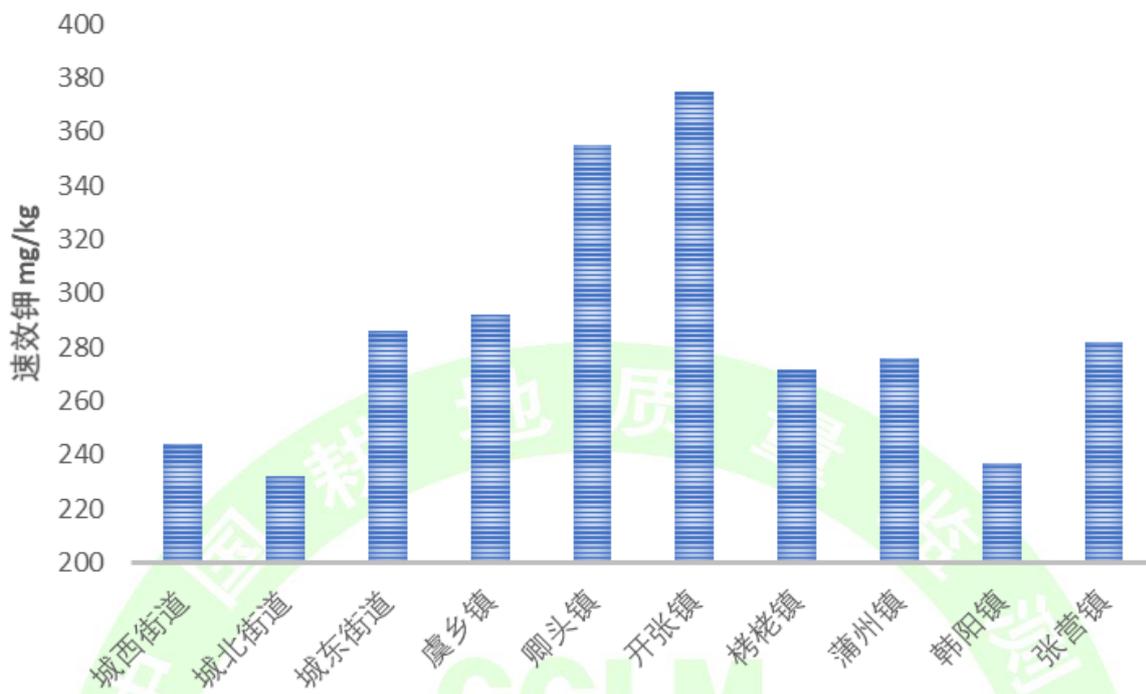
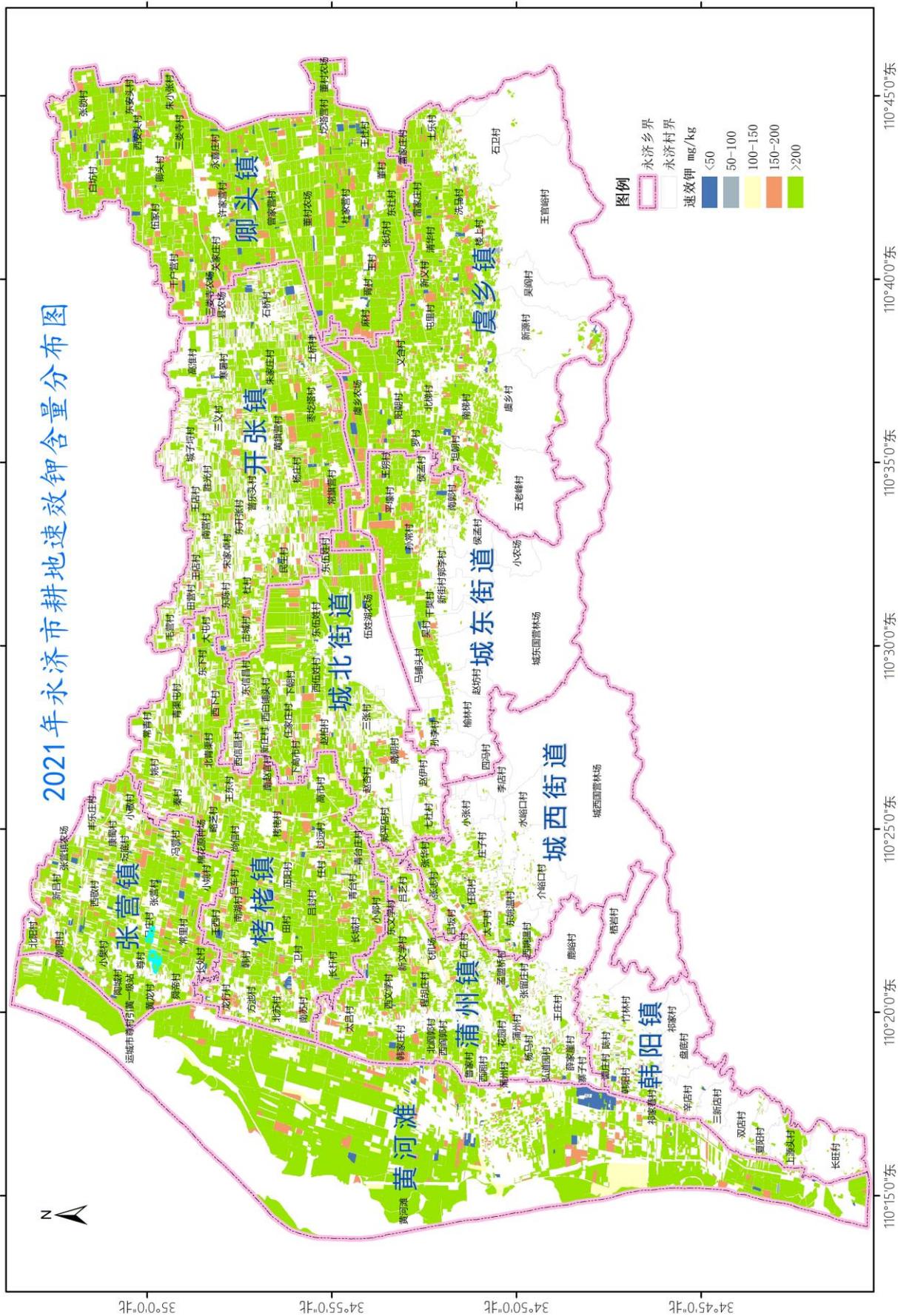


图5. 永济市2021年土壤速效钾含量分布图





## 四、其余数值型指标（pH、土层厚度、容重及海拔）情况

### 1、土壤 pH 含量情况

土壤 pH(酸碱度)是土壤形成和熟化培肥过程的一个重要指标。土壤 pH 对土壤中养分存在的形态和有效性、土壤的理化性质、微生物活动以及植物生长发育都有很大影响。土壤 pH 过高会使土壤盐碱化，过低又会使土壤酸化，都不利于作物的生长和发育。永济市 2021 年土壤 pH 变化范围为 7.76~8.85，平均值 8.33，为弱碱性，变异系数 2.1%，对应平均隶属度为 0.9993。

### 2、有效土层厚度情况

有效土层厚度是作物生长的主要基质，直接影响渗入土壤的水分总量、地表径流、水分蒸发、水土流失、土壤气体交换和作物出苗、根系发育等。有效土层厚度通常与作物的产量有密切关系，耕层过深或过浅都将对产量产生很大影响。永济市 2021 年有效土层厚度平均值为 177.15cm，对应平均隶属度为 0.6725。

### 3、土壤容重情况

土壤的容重是土壤重要的物理性质之一，很大程度上决定着土壤含水量、通气性以及矿质元素的运移，进而影响作物的生长发育和生理功能，通常做为用来评价土壤质量和作物管理的重要指标。永济市 2021 年土壤容重平均值为  $1.34\text{g}/\text{cm}^3$ ，对应平均隶属度 0.9907。

### 4、海拔情况

海拔是一个重要的地形因子，首先温度受其影响最大。一般地，温度会随着海拔升高而降低，昼夜温差大，从而对作物生长产生影响，提高作物的光合作用效率，有利于做作物糖分的积累。永济市 2021 年耕地区域海拔范围 297~400m，平均值 334m，对应隶属度为 0.9095。

## 五、2020 年高标准农田建设情况

2020 年永济市高标准农田建设项目，涉及卿头镇、开张镇等 2 个乡镇的 10 个村，分别是卿头镇的伍家村、长杆村、关家庄村、廉家庄村、千户营村共 5 个村和开张镇的寒暑村、黄旗营村、三义村、朱家庄村、石桥村等 5 个村。建设规模 15000 亩。

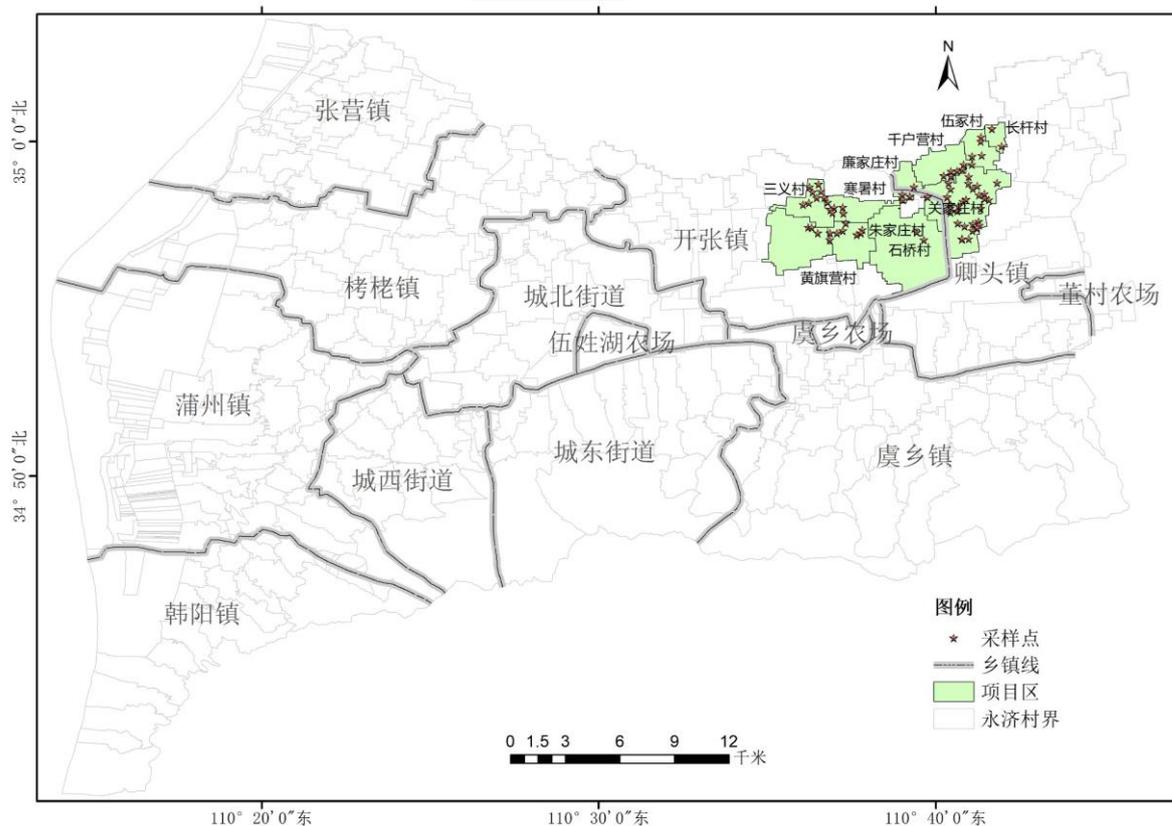


图6. 永济市2020年永济市高标准农田建设项目分布图

2020 年高标准项目实施前，项目区耕地质量综合平均指数范围是 0.7358-0.8503，对应耕地质量等级范围 3.4123-6.4257，平均耕地质量等级为 4.8085，3 等、4 等、5 等、6 等所占比例为 10.6%、48.1%、34.6%、6.7%。实施前二乡镇项目区耕地质量等级平均值分别为卿头镇 5.1215、开张镇 4.2521。卿头镇各村耕地质量等级平均值分别为武冢村 5.1022、长杆村 4.9348、关家庄村 5.5260、廉家庄村 4.5516、千户营村 4.2217；开张镇各村耕地质量等级平均值分别为寒暑村 4.2217、黄旗营村 4.1955、三义村 4.3633、朱家庄村 4.2233、石桥村 4.0580。

项目实施后，项目区耕地质量综合平均指数范围是 0.7641-0.8805，对应耕地质量等级范围 2.6182-5.6799，平均耕地质量等级为 4.1188，2 等、3 等、4 等、

5等地所占比例6.7%、48.1%、35.9%、9.3%。实施后二乡镇项目区耕地质量等级平均值分别为卿头镇4.4085、开张镇3.6034。卿头镇各村耕地质量等级平均值分别为武冢村5.0462、长杆村4.8600、关家庄村4.7392、廉家庄村3.7521、千户营村3.4387；开张镇各村耕地质量等级平均值分别为寒暑村3.4387、黄旗营村4.1093、三义村3.5807、朱家庄村3.4561、石桥村3.3221。

通过2020高标准农田建设项目实施期间通过每亩增施有机肥240 kg、每亩增施水溶肥40 kg，同时结合土壤深松等农艺措施使得土壤有机质、速效磷、有效钾、pH等土壤养分指标产生变化；通过卿头镇、开张镇两乡镇开展灌溉排水、田间道路林网道路等系列工程措施使得灌溉条件指标产生变化。项目实施前后耕地质量等级变化是由项目实施期间的工程、农艺等综合措施而产生的。通过项目实施，使得区耕地质量等级提高0.6898。二乡镇项目区耕地质量等级平均提升量分别为卿头镇0.7130、开张镇0.6487。

卿头镇各村耕地质量等级提高量分别为武冢村0.0560、长杆村0.0748、关家庄村0.7868、廉家庄村0.7995、千户营村0.7830；开张镇各村耕地质量等级提高量分别为寒暑村0.7830、黄旗营村0.0862、三义村0.7826、朱家庄村0.7672、石桥村0.7359。

表9 2020年高标准农田项目建设前后耕地质量等级变化情况

乡镇	村名	耕地质量等级平均值		提高量
		项目实施前	项目实施后	
卿头镇	武冢村	5.1022	5.0462	0.0560
	长杆村	4.9348	4.8600	0.0748
	关家庄村	5.5260	4.7392	0.7868
	廉家庄村	4.5516	3.7521	0.7995
	千户营村	4.2217	3.4387	0.7830
	小计	<b>5.1215</b>	<b>4.4085</b>	<b>0.7130</b>
开张镇	寒暑村	4.2217	3.4387	0.7830
	黄旗营村	4.1955	4.1093	0.0862
	三义村	4.3633	3.5807	0.7826
	朱家庄村	4.2233	3.4561	0.7672
	石桥村	4.0580	3.3221	0.7359
	小计	<b>4.2521</b>	<b>3.6034</b>	<b>0.6487</b>
合计		<b>4.8085</b>	<b>4.1187</b>	<b>0.6898</b>

## 六、耕地质量等级评价结果

本次评价采用国土三调成果数据，根据第三次国土调查结果显示，永济市一级地类耕地面积由55605.65公顷减少至44182.98公顷，其中净流入面积10552.10公顷，净流出面积21975.77公顷；耕地下二级地类水田（编号0101）由0公顷增值1426.14公顷，净流入面积1426.14公顷，无净流出面积；耕地下二级地类水浇地（编号0102）面积由46589.83公顷减少至37141.79公顷，其中净流入面积8480.08公顷，净流出面积17928.12公顷；耕地下二级地类旱地（编号0103）面积由9016.82公顷减少至5615.05公顷，其中净流入面积1094.57公顷，净流出面积4496.34公顷。

表10 2018年变更数据与三调数据二级类面积对比表 面积:公顷

一级地类名称	二级地类名称	地类编码	变更数据面积	净流入面积	净流出面积	三调面积
耕地	水田	0101	0.00	1426.14	0.00	1426.14
	水浇地	0102	46589.83	8480.08	17928.12	37141.79
	旱地	0103	9016.82	1094.57	4496.34	5615.05
小计			55606.65	10552.10	21975.77	44182.98

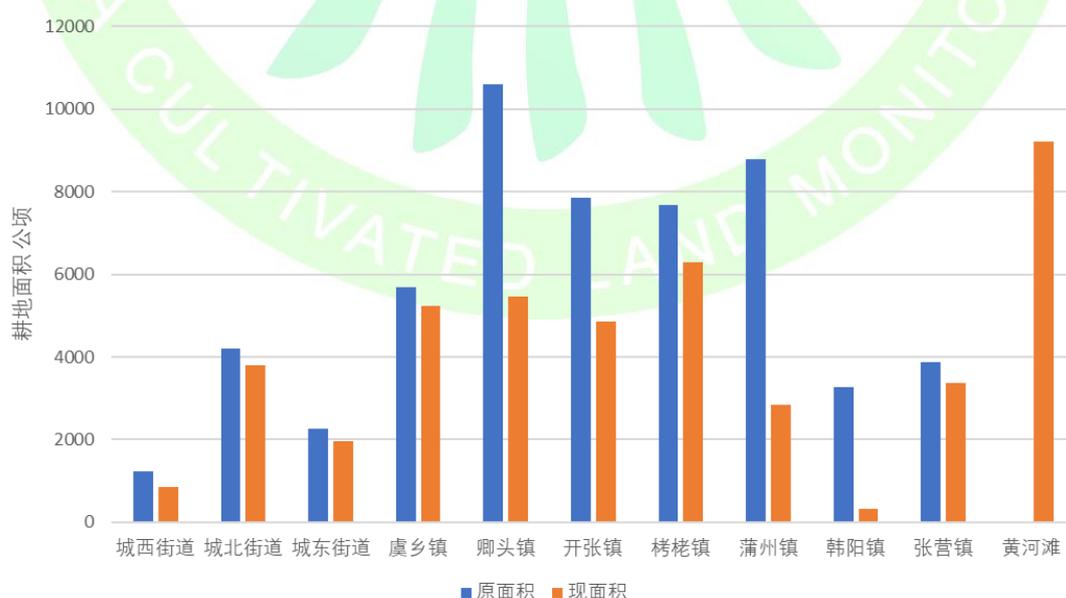


图7. 永济市各乡镇耕地面积变化统计图

各乡镇耕地面积均有不同程度减少，其中卿头镇耕地面积最多，由10606.86公顷减少至5462.49公顷。黄河滩耕地面积9208.69公顷，由原来栲栳镇、蒲州镇、韩阳镇及张营镇耕地组成，是永济市最大耕地面积区域，占全市耕地面积的20.84%。城西街道、韩阳镇面积最小，分别为839.06公顷和312.14公顷；占全市耕地总面积的1.90%和0.71%。

永济市属于黄土高原区-汾渭谷地农业区，全市耕地面积44182.98公顷，耕地质量平均等级4.51，较2020年评价提升0.02等，2021年全市耕地质量等级分布范围为三至七等。各等地按面积大小排列顺序为四等地>五等地>六等地>三等地>七等地。其中四等地分布最多，20889.96公顷，占全市耕地面积的47.28%；七等地最少，96.13公顷，仅占全市耕地0.22%；五等地面积14575.12公顷，占全市耕地面积33.03%；六等地面积5215.23公顷，占全市耕地面积11.81%；六等地面积5215.23公顷，占全市耕地面积7.66%。

表 11 永济市 2021 耕地质量等级面积汇总表

序号	乡镇名称	各等耕地面积 公顷					耕地面积 公顷	平均等
		3 等	4 等	5 等	6 等	7 等		
1	城西街道	110.53	587.85	121.35	19.01	0.32	839.06	4.03
2	城北街道	441.38	1790.26	1210.63	364.78	0	3807.05	4.28
3	城东街道	307.57	867.96	286.76	500.09	4.63	1967.01	4.33
4	虞乡镇	262.47	3988.89	803.69	186.26	0	5241.31	4.06
5	卿头镇	895.99	2914.81	1595.89	55.8	0	5462.49	4.11
6	开张镇	749.02	2932.45	895.93	274.47	0	4851.87	4.07
7	栲栳镇	100.57	3158.09	2508.19	523.39	0	6290.24	4.59
8	蒲州镇	37.06	542.34	1328.98	879.53	50.94	2838.85	5.23
9	韩阳镇	48.57	151.69	111.74	0.14	0	312.14	5.16
10	张营镇	3.14	497.25	2472.14	391.73	0	3364.26	5.07
11	黄河滩	430.23	3458.37	3259.82	2020.03	40.24	9208.69	5.03
	合计	3386.53	20889.96	14595.12	5215.23	96.13	44182.98	4.51

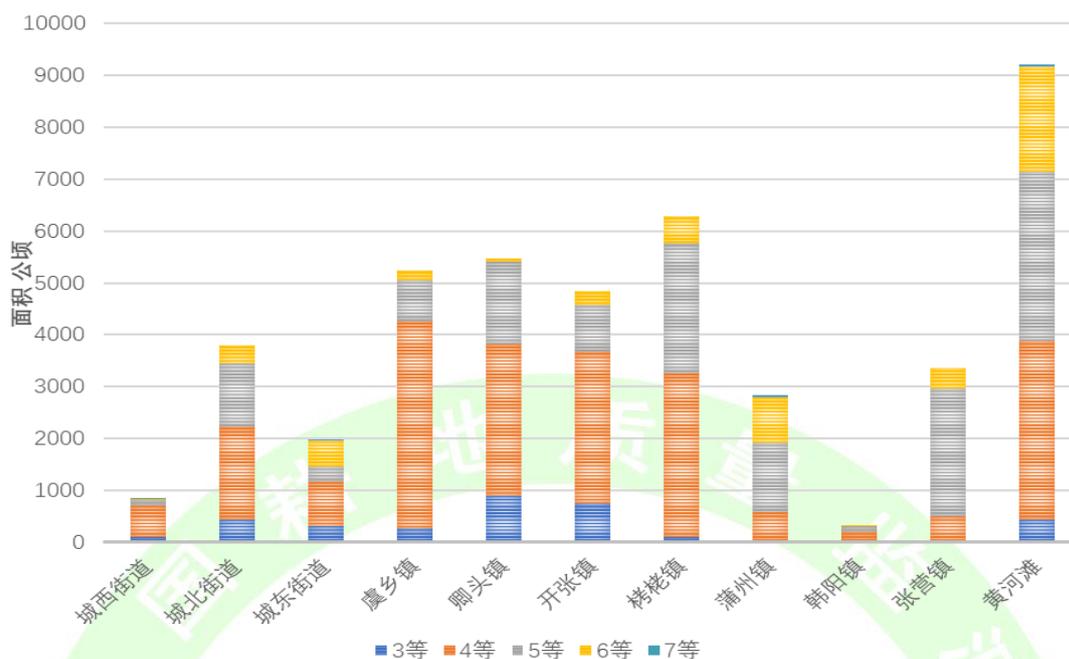


图8. 永济市各乡镇耕地等级汇总柱状图

城西街道耕地共计 839.06 公顷，四等地分布最多，为 587.85 公顷，占城西街道耕地的 70.06%。

城北街道耕地共计 3807.05 公顷，四、五等地分布较多，分别为 1790.26 公顷、1210.63 公顷，占城北街道耕地的 47.02%、31.80%。

城东街道耕地共计 1967.01 公顷，四等地分布最多，为 867.96 公顷，占城东街道耕地的 44.13%。

虞乡镇耕地共计 5241.31 公顷，四等地分布最多，为 3988.89 公顷，占城虞乡镇耕地的 76.10%。

卿头镇耕地共计 5462.49 公顷，四、五等地分布较多，分别为 2914.81 公顷、1595.89 公顷，占卿头镇耕地的 53.29%、29.22%。

开张镇耕地共计 4851.87 公顷，四等地分布最多，为 2932.45 公顷，占开张镇耕地的 60.44%。

栲栳镇耕地共计 6290.24 公顷，四、五等地分布最多，分别为 3158.09 公顷、2508.19，占栲栳镇耕地的 50.21%、39.87%。

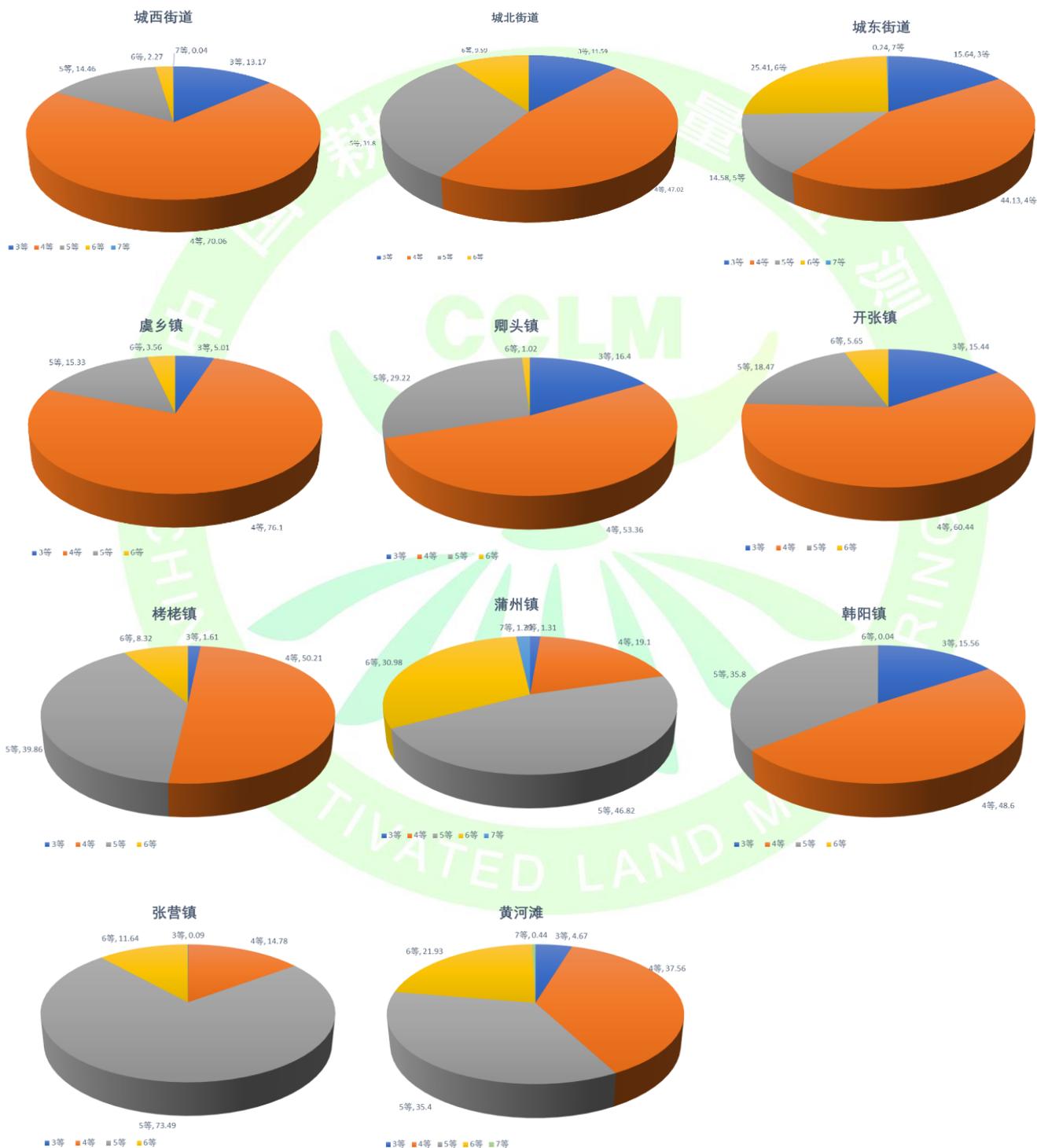
蒲州镇耕地共计 2838.85 公顷，五等地分布最多，为 1328.98 公顷，占蒲州镇耕地的 46.82%。

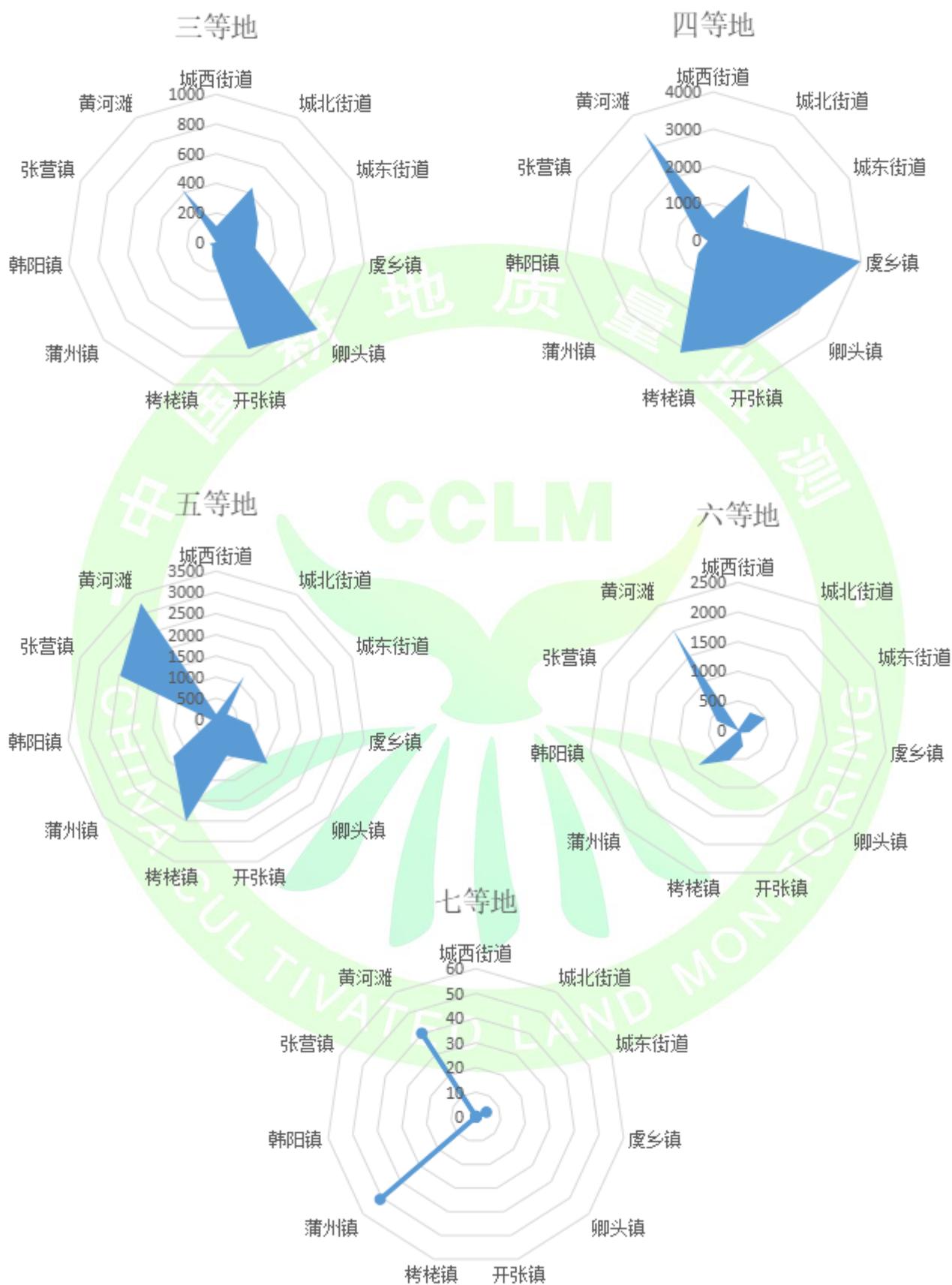
韩阳镇耕地共计 312.14 公顷，四、五等地分布最多，分别为 151.69 公顷、111.74 公顷，占韩阳镇耕地的 48.60%、35.80%。

永济市耕地质量等级评价报告（2021 年度）

张营镇耕地共计 3364.26 公顷，五等地分布最多，为 2472.14 公顷，占张营镇耕地的 73.49%。

黄河滩耕地共计 9208.69 公顷，四、五等地分布较多，分别为 3458.37 公顷、3259.82 公顷、2020.03 公顷，占黄河滩耕地的 37.56%、35.40%、21.93%。





三等地面积 3386.53 公顷，占全市耕地面积的 7.66%，主要分布在城北街道、卿头镇、开张镇等三个乡镇。

四等地面积 20889.96 公顷，占全市耕地面积的 47.28%，全市各乡镇均有分布，主要分布在虞乡镇、卿头镇、栲栳镇、开张镇等四个乡镇。

五等地面积 14595.12 公顷，占全市耕地面积的 33.03%，全市各乡镇均有分布，主要分布在卿头镇、栲栳镇、张营镇、黄河滩等四个乡镇。

六等地面积 5215.23 公顷，占全市耕地面积的 11.81%，全市各乡镇均有分布，主要分布在城黄河滩、蒲州镇等二个乡镇。

七等地面积 96.13 公顷，占全市耕地面积的 0.22%，分布在蒲州镇、张营镇、黄河滩、城西街道等四乡镇。



