

# 甘肃省马铃薯种植适宜性评价及影响因素分析

张美兰<sup>1,2</sup>, 郭世乾<sup>1</sup>, 贾蕊鸿<sup>1</sup>, 顿志恒<sup>1</sup>, 陈伟<sup>3</sup>, 冯守疆<sup>4</sup>, 俄胜哲<sup>4</sup>,  
张丽<sup>1</sup>, 吴世蓉<sup>1</sup>, 张玉霞<sup>1</sup>, 董星晨<sup>1</sup>

- (1. 甘肃省耕地质量建设保护总站, 甘肃 兰州 730020; 2. 中国科学院西北生态环境资源研究院, 甘肃 兰州 730000; 3. 甘肃省农业科学院农业经济与信息研究所, 甘肃 兰州 730070;  
4. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 甘肃省作为我国马铃薯主要产区, 探索其种植科学性及适宜性, 对优化我国马铃薯产业布局具有重要意义。通过布设采样点对甘肃省马铃薯产区水、热、光等气象资源、立地条件以及土壤理化性状数据进行调查, 利用 SPSS26.0、GS+ 软件对调查数据进行分析, 用 Arcgis10.8 普通克里格插值法对相关数据进行插值处理, 用拉斐尔法构建评价指标体系对马铃薯种植区域进行适宜性评价。结果显示, 甘肃省马铃薯种植高度适宜区、适宜区、勉强适宜区和不适宜区的面积分别为 98.86 万 hm<sup>2</sup>、213.36 万 hm<sup>2</sup>、120.00 万 hm<sup>2</sup>、88.75 万 hm<sup>2</sup>, 分别占全省耕地总面积的 18.98%、40.95%、23.03% 和 17.04%。影响甘肃省马铃薯适宜性分布的主要因素为海拔、年降水量和年平均气温。

**关键词:** 马铃薯; 适宜性评价; 影响因素; 甘肃省

中图分类号: S532

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2023)08-0731-05

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2023.08.009

## Suitability Assessment of Potato Production in Gansu Province and Analysis of Its Influencing Factors

ZHANG Meilan<sup>1,2</sup>, GUO Shiqian<sup>1</sup>, JIA Ruihong<sup>1</sup>, DUN Zhiheng<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>3</sup>, FENG Shoujiang<sup>4</sup>,  
E Shengzhe<sup>4</sup>, ZHANG Li<sup>1</sup>, WU Shirong<sup>1</sup>, ZHANG Yuxia<sup>1</sup>, DONG Xingchen<sup>1</sup>

- (1. General Station of Gansu Cultivated Land Quality Construction and Protection, Lanzhou Gansu 730020, China; 2. Northwest Institute of Eco-environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou Gansu 730000, China; 3. Institute of Agricultural Economics and Information, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China;  
4. Institute of Soil Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** Gansu Province is China's primary potato producing region. Exploring the suitability of potato cultivation is of great significance for optimizing the layout of China's potato industry. Thus, this study investigated the potato farming region in Gansu Province, examined factors such as water, heat, light, and other meteorological resources, as well as site conditions and physical and chemical soil characteristics. Data analysis was performed using SPSS 26.0 and GS+. And the Arcgis 10.8 ordinary kriging interpolation was used for interpolation, the Raphael's method was applied to construct an evaluation indicator system for suitability evaluation of potato production areas. Results showed that the highly suitable, suitable, barely suitable and unsuitable areas for potato production in Gansu were 988 600 ha, 2.1336 million ha, 1.20 million ha and 887 500 ha, respectively, corresponding to 18.98%, 40.95%, 23.03% and 17.04% of the Gansu Province's total cultivated area, respectively. Several key factors influenced the distribution of potato suitability in Gansu Province, namely altitude, annual precipitation and annual average temperature.

**Key words:** Potato; Suitability assessment; Influencing factor; Gansu Province

马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 耐寒、耐旱、耐瘠 薄, 适应性广, 是粮菜饲兼用型高产农作物, 广

收稿日期: 2023-08-01

基金项目: 甘肃省现代丝路寒旱农业发展项目(甘农财发[2020]12号)。

作者简介: 张美兰(1982—), 女, 甘肃陇南人, 农艺师, 主要从事耕地质量监测评价与GIS应用、环境微生物研究工作。

Email: 46904686@qq.com。

通信作者: 郭世乾(1980—), 男, 甘肃永昌人, 正高级农艺师, 主要从事耕地质量提升技术推广工作。Email: 58719422@qq.com。

com。

泛种植于世界各地<sup>[1]</sup>。据联合国粮食及农业组织 (FAO) 最新报告显示, 目前马铃薯已超越玉米, 成为世界第三大粮食作物<sup>[2]</sup>。甘肃省种植马铃薯已有 400 多年历史<sup>[3]</sup>。2020 年全省马铃薯种植面积 68.67 万  $\text{hm}^2$ , 占我国马铃薯种植面积的 12.9%, 位居第 3; 鲜薯产量 1 550 万 t, 产量占全国马铃薯产量的 17.2%<sup>[4]</sup>, 位居第 2。甘肃发展马铃薯产业具有得天独厚的生长环境, 马铃薯主产区大部分处于年降水量不足 350 mm、7—9 月降水量占全年 60% 以上的旱作农业区<sup>[5]</sup>。甘肃气候冷凉、土层深厚疏松、耕地养分富钾、昼夜温差大, 雨热分布特征与马铃薯块茎膨大期吻合。因此, 甘肃省发展马铃薯产业具有良好的生态适宜性, 是全国马铃薯的重要产区<sup>[6]</sup>。

定西市作为甘肃省乃至西北区优质马铃薯产地之一, 常年种植面积达 20.00 万  $\text{hm}^2$ <sup>[7]</sup>, 且有逐年扩大的趋势, 该区马铃薯制成的大众主食产品成为人们餐桌上的“抢手货”<sup>[8]</sup>。但是众多学者<sup>[9-10]</sup>的研究表明, 连作障碍导致马铃薯减产, 土壤生态环境恶化等问题日益凸显。谢奎忠<sup>[11]</sup>研究表明, 长期连作导致该区马铃薯土传枯萎病日益加剧, 对马铃薯产业的健康发展造成严重影响; 胡新元等<sup>[12]</sup>的研究揭示, 连续种植马铃薯会干扰土壤微生物群落的结构。近年来随着地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 广泛应用<sup>[13-15]</sup>, 利用 GIS 开展农业适应性评价较为普遍<sup>[16]</sup>。王栋<sup>[17]</sup>利用 GIS 技术, 结合专家打分法和层次分析法评价出云南省马铃薯最适宜区域分布在滇东北区域和滇西北高海拔生态区域; 朱娅秋等<sup>[18]</sup>运用技术评价出吉林省马铃薯最适宜区主要分布在中西部平原及丘陵地区; 王萍等<sup>[19]</sup>认为黑龙江省松嫩平原的东部和北部更适宜马铃薯的生长, 且影响适宜度的主要因子为降水。尽管已有学者对甘肃省县域马铃薯适宜性有所研究<sup>[20-21]</sup>, 但对省域范围研究较少。为探索甘肃省马铃薯适宜种植区域, 我们将处于西北干旱半干旱区的定西市安定区马铃薯最适宜区的气象因素、立地条件、土壤养分, 作为甘肃省干旱半干旱区马铃薯适宜性评价模型依据, 以评价甘肃省干旱半干旱区马铃薯适宜种植区域, 为甘肃省马铃薯产业布局提供数据支撑, 对西北干旱半干旱区马铃薯种植区划具有重要意

义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

甘肃省 (32° 11' ~ 42° 57' N, 92° 13' ~ 108° 46' E) 位于黄河上游, 分属黄河、长江、内陆河三大流域。全省土地总面积 42.58 万  $\text{km}^2$ 。省域内山地、高原、平原、丘陵、沙漠、戈壁交错分布, 以山地和高原为主。土壤类型多达 37 个, 主要粮食作物为小麦、玉米和马铃薯。

### 1.2 数据来源

2020 年布设产地环境评价采样点 600 个, 获取了海拔高度、坡度、坡向、地貌类型、地形部位等立地条件数据, 同时检测土壤有机质、pH、有效磷、速效钾含量。根据甘肃省第二次土壤普查资料获取有效土层厚度、成土母质、土壤质地等数据。空间数据来源: (1) 甘肃省 1: 50 万土壤类型图, shp 格式; (2) 土地利用数据, 来源于甘肃省测绘局, shp 格式。

### 1.3 评价方法

利用 ArcGIS10.8 中的“Intersect”命令将甘肃省土壤图与耕地利用类型图进行叠加, 生成耕地—土壤图, 作为评价底图来保证评价对象的可比性<sup>[22]</sup>。利用 SPSS 26.0 对数据进行描述性统计和方差分析, 利用 GS+ 软件进行统计分析, 确定空间插值的模型。然后用普通克里格插值方法对样点数值型数据进行插值, 建立甘肃省马铃薯种植适宜性评价耕地—土壤数据库。

用特尔斐法建立甘肃省马铃薯种植适宜性评价指标体系, 用层次分析法确定指标权重, 用隶属函数法确定数值型指标隶属度, 用专家打分法确定概念型指标的隶属度, 计算耕地—土壤图斑适宜性综合指数。

$$P = \sum (C_i \times F_i)$$

式中,  $P$  为耕地适宜性综合指数,  $C_i$  为第  $i$  个评价指标的组合权重,  $F_i$  为第  $i$  个评价指标的隶属度。根据评价区的作物种植和生长情况, 结合农业专家建议, 将耕地—土壤图斑综合指数曲线划分为 4 个等级:  $P$  值在 0.660 00 ~ 0.794 14 划分为高度适宜,  $P$  值在 0.600 00 ~ 0.659 99 划分为适宜,  $P$  值在 0.500 00 ~ 0.600 00 划分为勉强适宜,  $P$  值在 0.346 46 ~ 0.499 99 划分为不适宜。

## 2 结果与分析

### 2.1 马铃薯评价指标体系的构建

根据马铃薯的生长习性, 结合马铃薯种植专家的建议, 用特尔斐法将年平均气温、年降水量、海拔、有机质、有效磷、速效钾等 6 个指标作为评价的指标, 构建了马铃薯种植适宜性评价层次分析模型(图 1)。

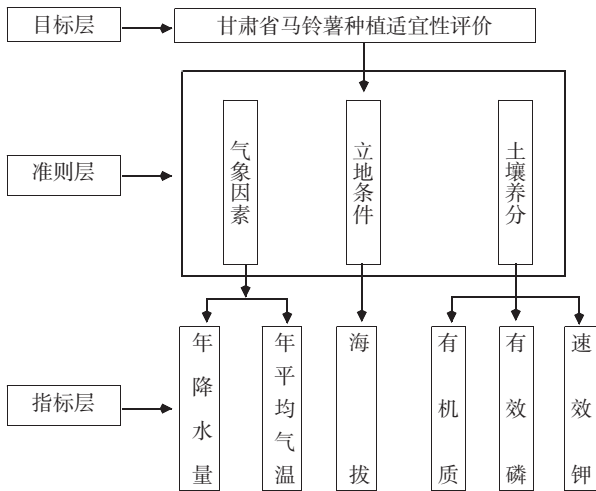


图 1 甘肃省马铃薯种植适宜性评价研究框架

### 2.2 甘肃省马铃薯种植适宜性评价

利用特尔斐法建立甘肃省马铃薯种植适宜性评价层次分析模型, 计算获得各指标组合权重(表 1); 利用专家打分法建立甘肃省马铃薯种植适宜性评价指标隶属函数模型(表 2)。在此基础上构建了甘肃省马铃薯种植适宜性评价模型, 并获得甘肃省马铃薯种植适宜性分布图(图 2)。结果显示, 甘肃省内绝大多数耕地适合马铃薯生产, 其中高度适宜种植区耕地面积为 98.86 万  $hm^2$ , 占总耕地面积的 18.98%, 主要集中在分布在陇中黄土高原区的定西市安定区、通渭县、陇西县、渭源县、临洮县、会宁县、东乡县等县区, 以及河西地区的古浪县、永昌县、民乐县、山丹县、天祝县等的高海拔区域, 此外, 还包括永登县、广河县、康乐县、临夏县、张家川县及陇东黄土高原的庄浪县、静宁县等小部分地区也有分布。适宜种植区耕地面积 213.36 万  $hm^2$ , 占全省总耕地面积的 40.95%, 主要分布在定西市、平凉市、天水市、陇南市、临夏州、兰州市、白银市、武威市、金昌市等地的低海拔区域。勉强适宜种植区耕地面积为 120.00 万  $hm^2$ , 占全省总耕地面积的 23.03%,

主要在庆阳市、陇南市、甘南州、兰州市、白银市等地的低海拔区域。不适宜种植区耕地面积为 88.75 万  $hm^2$ , 占全省总耕地面积的 17.04%, 主要分布在酒泉市、张掖市、嘉峪关市、武威市民勤县和金昌市金川区等地的低海拔区域。

表 1 甘肃省马铃薯种植适宜性评价指标组合权重

准则层 指标层	气象因素	立地条件	土壤养分	组合权重 $\sum C_i A_i$
年平均气温	0.20			0.144 5
年降水量	0.80			0.173 4
海拔		0.29		0.562 4
速效钾			0.71	0.044 8
有机质			0.69	0.040 2
有效磷			0.31	0.034 7

表 2 甘肃省马铃薯种植适宜性评价指标隶属函数模型

指标名称	函数 类型	函数	a值	c值
年平均气温	峰型	$y=1/(1+a*(u-c)^2)$	0.182 601	5.982
年降水量	峰型	$y=1/(1+a*(u-c)^2)$	0.000 019	550.0
海拔	峰型	$y=1/(1+a*(u-c)^2)$	0.000 004	2000.0
有机质	峰型	$y=1/(1+a*(u-c)^2)$	0.179 007	11.6
有效磷	峰型	$y=1/(1+a*(u-c)^2)$	0.179 007	14.7
速效钾	峰型	$y=1/(1+a*(u-c)^2)$	0.000 060	187

### 2.3 适宜种植区的特征

甘肃省马铃薯种植高度适宜、适宜区主要分布在陇中黄土高原区(图 2), 此区域主要土壤类型有黄绵土、灰钙土、栗钙土、黑垆土等, 耕地土壤质地多为壤土, 有效土层较厚, 昼夜温差大。土壤 pH 平均值为 8.2, 土壤耕层含有机质 16.300  $g/kg$ 、全氮 0.932  $g/kg$ 、有效磷 18.7  $mg/kg$ 、速效钾 184.0  $mg/kg$ 、碱解氮 75.2  $mg/kg$ 。年降水量 445  $mm$ ,  $>10\text{ }^\circ\text{C}$ 年积温 2 787  $^\circ\text{C}$ , 海拔 674~3 725  $m$ 。

### 2.4 甘肃省马铃薯种植适宜性影响因素

通过专家打分与层次分析法相结合构建甘肃省马铃薯种植适宜性评价指标体系, 确定区划指标分级, 再运用层次分析法和隶属函数法对甘肃省马铃薯种植适宜性综合评价。层次分析法结果显示, 影响甘肃省马铃薯种植适宜性的主要因素为气象因素, 权重为 53%; 其次是土壤养分, 权重为 34%; 最后是立地条件, 权重为 13%。通过隶属函数法分析显示, 马铃薯适宜性评价指标

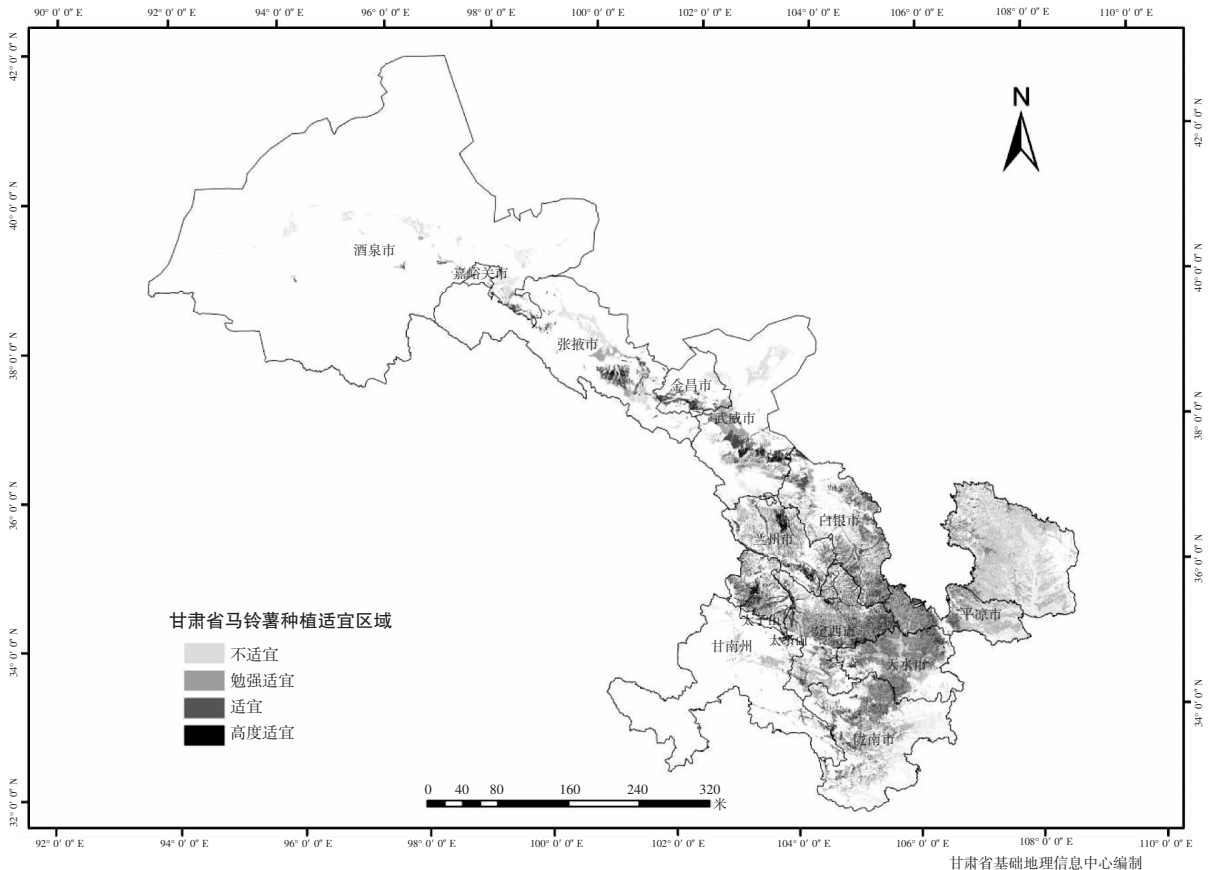


图 2 甘肃省马铃薯种植适宜区域分布

的权重由大到小依次为海拔、年降水量、年平均气温、速效钾、有机质、有效磷，分别为 56.24%、17.34%、14.45%、4.48%、4.02%、3.47%(图 3)。

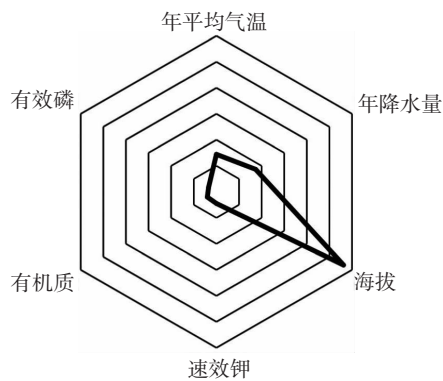


图 3 甘肃省马铃薯种植适宜性影响因素

### 3 讨论与结论

本次区划评价包含的区划指标层数较多。在指标权重方面，采用主客观相结合的办法，基于各专家打分及层次分析法计算指标权重，兼顾了马铃薯生物学特性和统计指标发生概率计算权重。在综合评价的过程中，将各指标权重值纳入主成分分析法对气象因素、土壤养分、立地条件等准

则层进行综合分析，与卢其栋等<sup>[23]</sup>在四川省、黄宜海等<sup>[24]</sup>在山东省及王锡朝等<sup>[25]</sup>在河北省等地区进行评价研究时采用的方法基本一致。但本研究仅为甘肃省马铃薯种植的适宜性区划，除未考虑经济政策、科技推广的因素外，还缺乏对各产区农户种植意愿、种植方式的考虑<sup>[26]</sup>。希望后续研究可建立更为全面的综合区划指标模型，补充、修正和完善目前的区划指标体系。

研究表明，甘肃省马铃薯种植高度适宜区、适宜区、勉强适宜区和不适宜区的面积分别为 98.86 万  $hm^2$ 、213.36 万  $hm^2$ 、120.00 万  $hm^2$ 、88.75 万  $hm^2$ ，分别占全省耕地总面积的 18.98%、40.95%、23.03%和 17.04%。甘肃省马铃薯最适宜种植区域为陇中黄土高原区的安定、会宁、通渭、陇西、渭源、临洮、东乡等县区，以及河西地区的古浪、永昌、民乐、山丹、天祝等县的高海拔区域；此外，还包括永登、广河、康乐、临夏、张家川及陇东黄土高原的庄浪、静宁等小部分地区的高海拔区域。影响甘肃省马铃薯适宜种植区域的主要因素为海拔、年降水量、年平均气温，

权重分别为 56.24%、17.34%、14.45%。

#### 参考文献:

- [1] 张克艳, 谢冬. 甘肃省马铃薯产业发展现状与前景展望[J]. 农村经济与科技, 2020, 31(1): 227; 238.
- [2] 石瑛. 优化产业价值链推动“龙江薯”高质量发展[J]. 奋斗, 2022(1): 44-46.
- [3] 王宏康. 甘肃省马铃薯产业发展现状与对策[J]. 甘肃农业科技, 2017(1): 54-56.
- [4] 张红霞, 李永成. 近年马铃薯价格走势与马铃薯产业发展趋势[J]. 甘肃科技, 2013, 29(21): 7-9.
- [5] 侯慧芝, 张绪成, 王瞭娟, 等. 半干旱区旱地马铃薯立式深旋耕作栽培技术[J]. 中国蔬菜, 2019(3): 95-97.
- [6] 孙新荣, 仲彩萍, 张维彪, 等. 高寒阴湿区秸秆还田马铃薯种薯繁育技术[J]. 中国蔬菜, 2020(1): 110-111.
- [7] 王娟, 李德明, 姚彦红, 等. 半干旱区马铃薯高产栽培技术集成[J]. 中国马铃薯, 2015, 29(6): 335-340.
- [8] 杨唯伟. 小土豆华丽转身[N]. 甘肃日报, 2020-07-22 (005).
- [9] 刘星, 张书乐, 刘国锋, 等. 连作对甘肃中部沿黄灌区马铃薯干物质积累和分配的影响[J]. 作物学报, 2014, 40(7): 1274-1285.
- [10] 焦润安, 徐雪风, 杨宏伟, 等. 连作对马铃薯生长和土壤健康的影响及机制研究[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(4): 94-100.
- [11] 谢奎忠. 连作马铃薯根系分泌物介导的枯萎病发生机制及根际互作[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2021.
- [12] 胡新元, 孙小花, 柳永强, 等. 黄土高原半干旱区马铃薯连作对农田土壤生化性质及产量的影响[J]. 中国马铃薯, 2019, 33(6): 344-351.
- [13] 钟耳顺. 地理控制与实况地理学——关于 GIS 发展的思考[J]. 地球信息科学学报, 2013(6): 783-792.
- [14] 胡祎. 地理信息系统 (GIS) 发展史及前景展望[D]. 北京: 中国地质大学, 2011.
- [15] 危永利, 钟美, 张强. 中国 GIS 发展状况分析[J]. 地理空间信息, 2008(4): 71-74.
- [16] 陈军. GIS 发展应用综述[C]//中国通信学会青年工作委员会. 2009 通信理论与技术新发展——第十四届全国青年通信学术会议论文集. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [17] 王栋. 基于 GIS 的云南省马铃薯种植适宜性气候区划[D]. 昆明: 云南农业大学, 2017.
- [18] 朱娅秋. 基于 GIS 的吉林省马铃薯种植生态适宜性区划研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2020.
- [19] 王萍, 官丽娟, 曲辉辉, 等. 黑龙江省松嫩平原马铃薯气候适宜性分析[J]. 东北农业科学, 2021, 46 (3): 95-99.
- [20] 晏斌, 谭岩, 刘祁峰, 等. 山丹县马铃薯适宜性评价[J]. 农业科技与信息, 2016(22): 62-63.
- [21] 高淑芳, 王三宝. 基于 CLRMIS 的陇南市武都区马铃薯适宜性评价[J]. 农业科技与信息, 2019(9): 23-25.
- [22] 龙军, 张黎明, 沈金泉, 等. 福建省耕地土壤全氮密度和储量动态变化[J]. 生态学报, 2015, 35(12): 3959-3969.
- [23] 卢其栋. 基于 AHP-PCA 加权模型的生态环境评价[D]. 成都: 成都理工大学, 2013.
- [24] 黄宜海, 陈建岭. 基于层次分析与主成分分析相结合的物流园区发展状况评价[J]. 山东交通学院学报, 2018(3): 16-22.
- [25] 王锡朝, 崔爱平, 金浩. 基于主成分分析法和 AHP 的河北省综合竞争力评价研究[J]. 河北师范大学学报(哲学社会科学版), 2012(3): 126-130.
- [26] 杨亚东. 中国马铃薯种植空间格局演变机制研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.