

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.08.039

# 黄淮海地区玉米品种适宜性精细区划研究\*

刘哲 唐日晶 赵祖亮 李绍明 朱德海 张晓东

(中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 受数据和方法所限,对作物品种适宜种植区进行划分时,往往不考虑不同品种间的表现差异,且环境单元的尺度较粗,导致品种定位不准而经常引发种植事故。为提高作物品种定位准备程度,以玉米品种为研究对象,以县域为基本决策单元,以黄淮海夏播玉米区为研究区,进行玉米品种适宜性精细区划的探索性研究。通过对区试数据和调查数据的分析,筛选对产量有显著影响、发生频率高、与环境因素相关性强的因子,确定积温、种植密度、倒伏、大斑病、空秆5因子的玉米品种精细区划指标体系;建立了玉米品种各指标及综合指标适宜度的定量化表达方法;利用面状要素属性空间一体化聚类方法进行玉米品种适宜性精细区划。同时以玉米品种秀青73-1为例,计算了该品种的单指标和综合指标适宜度,分析了其在黄淮海地区的适宜性精细分区结果。在县域精细尺度下,兼顾不同种植环境和品种间差异,同时考虑空间邻接关系,研究作物品种种植适宜性精细区划方法,有助于“因地制宜”准确选用品种,充分发挥新品种的增产增收效果。

**关键词:** 玉米品种 精细区划 种植适宜性 空间聚类

**中图分类号:** S513.019 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2015)08-0281-08

## Regionalization of Maize Cultivars Cultivated in Huang - Huai - Hai Plain of China

Liu Zhe Tang Rijing Zhao Zuliang Li Shaoming Zhu Dehai Zhang Xiaodong

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Regionalization of maize cultivars cultivated with a relatively large scale always fails to take fully consideration of differences of performances among varies cultivars due to the limitation of data and method, and thus often provides inaccurate indications for maize cultivars deployment, which caused serious economic losses. To make a further effort to solve the problem, an effective regionalization method for maize cultivars cultivated in Huang - Huai - Hai Plain of China was proposed. The study was based on six years (2001—2006) of regional trial data, which covered 40 maize-testing locations and plantation survey data on field production, including the agronomic characters, various stresses and plantation management information, and the climatic data was used as well. Firstly, statistical analysis on trial data and survey data was applied to filter indexes which had a high frequency of occurrence, a significant impact on yield and a strong relationship with environments. As a result, the accumulated temperature higher than 10°C, average planting density, blank-stem stress, lodging stress and leaf blight stress were taken as indexes. Secondly, quantitative expressions of each index basing on their relationship with weather and management scheme in field production were established, and then the comprehensive index value was calculated and assigned to each county. Finally, counties were clustered by their comprehensive index value, and the spatial continuity adjustment was combined to achieve a spatially coherent clustering result. Consequently, maize variety Xiuqing 73 - 1 was taken as an example, and 606 counties of Huang - Huai - Hai Plain were classified into 5 regions, outlier counties of each region were

收稿日期: 2015-03-17 修回日期: 2015-05-10

\* 国家自然科学基金青年资助项目(41301075)和国家高技术研究发展计划(863计划)重点资助项目(2011AA10A103-1)

作者简介: 刘哲, 讲师, 博士, 主要从事作物品种表型获取与评价技术研究, E-mail: liuz@cau.edu.cn

通讯作者: 张晓东, 教授, 博士生导师, 主要从事农业空间信息技术与应用研究, E-mail: zhangxd@cau.edu.cn

identified and analyzed whose comprehensive index values were greater than the upper limit or less than the lower limit. The result can provide a practical guidance for precise cultivar popularization of maize.

**Key words:** Maize cultivar Precise regionalization Planting suitability Spatial clustering

## 引言

传统的作物种植区划,基本以不同物种的生态适宜区来划分<sup>[1-4]</sup>,如玉米种植区划分为北方春播玉米区、黄淮海夏播玉米区、西南山地丘陵玉米区等6大区域<sup>[5]</sup>,可为不同物种定位优势区域,同一物种的不同亚种准确布局提供指导。实际推广可供选择的品种往往均为同一亚种,品种推广工作实质是对同一亚种内的不同品种进行精准定位。不同品种间的表现差异显著,但现有作物种植区划方法基本没有考虑亚种内不同品种间的差异;同时由于数据和方法所限、分区尺度较大,难以表达各大生态区内不同亚区间的差异。随着品种数量的增长,这两方面问题日益突显,并成为我国审定品种推广失败率偏高的重要原因之一<sup>[6]</sup>。因此,研究作物品种级别,综合品种各性状对环境的特殊要求,基于小尺度基本自然单元、兼顾种植区域间空间特征关系的精细区划理论与方法,具有重要的科学和实际意义。

目前面向玉米品种的精细区划研究较少,但作物与品种间存在从属关系,因此作物种植区划、农业区划、自然区划可为品种区划的研究提供借鉴。在指标选取方面,郑度等<sup>[1]</sup>提出指标的选取要反映其区划分异规律,而对作物来讲,更强调作物种植的适宜性条件及生产状况<sup>[2-4]</sup>,相关分析法<sup>[7]</sup>、主成分分析<sup>[8]</sup>等统计分析法被用于进行指标确定,层次分析法<sup>[9]</sup>、最大熵模型<sup>[10]</sup>等在指标权重确定方面具有显著效果。适宜性区划方法目前较多的有叠置法、主导因素法、聚类法等。Wang等<sup>[11]</sup>研究了面状要素的空间属性一体聚类方法并用于制定玉米品种区划方案,张晓煜等<sup>[12]</sup>运用叠置法对宁夏主要酿酒葡萄品种进行生态适宜性精细区划。张建军等<sup>[13]</sup>采用模糊数学法构建了不同时间尺度的玉米种植气候适宜性评价指标等。以上相关研究对本文玉米品种精细区划的探索和研究提供了很好的思路和方法。

何亚娟等<sup>[14]</sup>分析得出县域尺度上的玉米产量信息具有强烈的空间相关性,表现为较强的空间结构特征。本文以县域为基本区划单元,提出一种玉米品种适宜性精细区划的方法,以建立玉米品种精细区划指标体系、量化提取指标特征值、确定区划指标适宜性、制定品种精细区划方案为主线展开研究。同时,以玉米品种秀青73-1为例对该区划方法和分区方案进行详细阐述和说明,该方法为实现

品种精准推广,充分发挥品种优势,降低推广风险提供了一定的指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

黄淮海夏玉米区位于我国玉米带的中段,主要包括黄河、淮河、海河流域中下游的山东、河南、河北中南部、山西南部、陕西关中和陕南、江苏北部和安徽北部,是我国两大玉米优势产区之一。该区属暖温带半湿润气候类型,光、热、水资源丰富,无霜期170~220 d,年降水量500~800 mm,年大于等于10℃活动积温4 000~5 000℃。该区玉米生产多为夏播种植,雨热同季。

### 1.2 试验数据

#### 1.2.1 国家玉米品种区域试验数据

玉米品种精细区划指标选取的研究过程中利用了农业部农技中心发布的国家玉米品种区域试验(简称“区试”)数据中黄淮海夏播玉米区2001—2006年的多年多点区试数据。

该区试数据涉及19个试验小组,250余个参试品种,近40个试验点,约30项观测指标。主要记录玉米品种在黄淮海地区的各项农艺性状和抗逆、抗病虫害特性指标,如产量、倒伏率、空秆率、病害和虫害发生级别等。

#### 1.2.2 县域种植环境调查数据

于2007年6—9月对我国东北、华北、黄淮海地区316个县进行了玉米种植状况的调查,黄淮海地区的调查县有190个,主要记录涉及大田作物种植制度、玉米生育进程、种植面积、单产、生物胁迫、非生物胁迫、种植管理措施、水肥管理、主栽品种及喜好等数据。

#### 1.2.3 逐日气象数据

选择国家气象局提供的黄淮海夏播玉米区及其相邻地区的149个气象站,包括日平均气温、日降水量、日平均风速、日平均相对湿度、日最大风速、日极大风速等12个指标在内的地面气象数据。

此外,基础地理数据采用1:4 000 000省级和县级行政区域地理数据。

## 1.3 研究方法

本文提出的玉米品种适宜性精细区划方案的思路如下:首先,依据现有数据,运用统计分析方法确定玉米品种适宜性精细区划指标;其次,研究玉米品

种特征值和各县环境特征值之间的关系,建立各区划指标的适宜性衡量标准,定量化表达玉米品种在各县环境中的区划指标适宜度,根据玉米品种的特性,对区划指标赋以权重,计算得出区划综合指标适宜度;再次,设定分区数目,以玉米品种在各县的综合指标适宜度为相似性判断依据,运用空间聚类算法对黄淮海地区进行分区;最后,通过分析各分区内的环境特征,对分区结果进行评述。玉米品种适宜性精细区划方案流程图如图 1 所示。

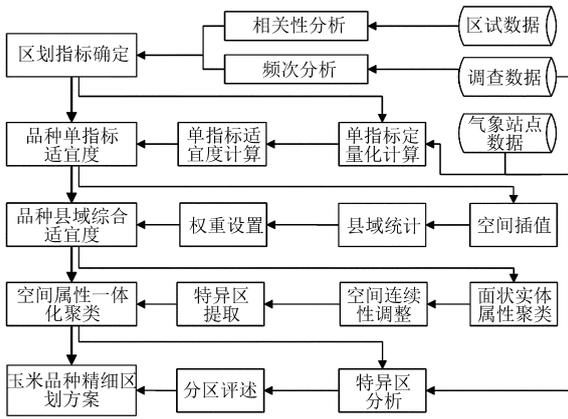


图 1 玉米品种适宜性精细区划方案流程图

Fig. 1 Flow chart of maize varieties suitable regionalization

### 1.3.1 品种精细区划指标选取方法

在黄淮海地区玉米品种适宜性精细区划中,区划指标的选取应能反映区划的分异规律,同时应尽可能全面地反映黄淮海地区玉米生产种植状况、农艺及病害特性。因此选取指标时先对产量作用大、发生频率高、受环境决定性强的因素进行分析,再逐步完善,同时所选指标要有较成熟的理论研究基础并可以通过现有数据进行量化。

对国家玉米品种区试数据和玉米种植状况调查数据进行综合分析以确定区划指标,该分析以

Microsoft Office Excel 为工具。将品种区试数据以试验组为基本单元,计算每个品种每年各项指标的试验组平均表现,并对其做与该品种当年产量的相关性分析,得到 6 年 6 组相关系数,如表 1 所示。经比较分析可以发现:空秆率为对产量影响最大负向指标,其次是秃尖、倒伏率;对产量影响较大的病害指标有黑粉病、大斑病、矮花叶病、茎腐病。

其次,对品种种植状况调查数据中生物胁迫和非生物胁迫的发生频次高的指标进行降序排序(表 2~4),去除国家区域试验没有记录的穗粒霉变、结实差、叶片损伤情况胁迫后,分别取前几位最严重的胁迫作为待考虑指标,因此考虑生物胁迫为粗缩病、青枯病(即茎腐病)、小斑病、大斑病,考虑非生物胁迫为空秆和倒伏。

最后,由于不同的玉米种植密度可能会影响品种的表现,因此选择调查数据中的平均种植密度作为一项参考指标;玉米品种种植必须满足基本的热量条件,所以积温是自然环境方面不可或缺指标。

综合以上 3 个方面的分析,确定玉米品种适宜性精细区划的指标为积温、降水量、空秆、倒伏、大斑病和平均种植密度。

### 1.3.2 区划指标的定量化表达与适宜度计算

通过文献分析总结以上各指标的发生机理与相关环境因子,并归纳为光、温、水等基本气象要素的量化描述,构建各指标的定量化表达公式;基于国家气象站点数据,计算每个站点的区划指标量化值,并归一化到 0~1 之间;利用克里金空间插值方法将区划指标点状数据扩展到研究区;计算空间插值后其内部所有栅格单元的平均值,将该平均值赋给县单元,无值的栅格单元不参与统计。

表 1 区试数据中各指标与产量的相关性分析

Tab. 1 Correlation analysis between indexes and maize yield of regional test data

指标	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	平均值
矮花叶病		0.000 2	-0.000 3	0.002 3	-0.002 9	-0.001 7	-0.138 8
粗缩病		0.001 0	-0.001 3	0.001 6	-0.000 7	-0.001 6	-0.020 6
大斑病		-0.001 2	-0.000 5	-0.000 3	-0.001 9	-0.003 3	-0.142 6
倒伏率	0.001 1		-0.001 7	-0.002 2	-0.004 4	-0.000 3	-0.176 5
倒折率			0.000 7	0.002 7	0.001 8	-0.002 5	-0.068 4
褐斑病			0.001 7	0.000 2	0.001 2		0.048 6
黑粉病		-0.002 0	0.001 2	0.000 2	-0.002 8	-0.000 3	-0.164 4
灰斑病		-0.001 6		0.000 2			-0.054 5
玉米螟		-0.002 7	0.002 5	0.000 2	-0.002 1	-0.000 6	-0.055 0
茎腐病		-0.000 4	0.000 1	0.000 2	-0.001 8	-0.005 7	-0.120 7
秃尖	-0.001 9	-0.002 2	-0.003 7	0.000 2	-0.002 1	-0.002 4	-0.257 8
空秆率	-0.000 4	-0.004 2	-0.005 0	0.000 2	-0.006 7	-0.003 4	-0.436 4
生育期	0.002	0.001	-0.004	0.004	-0.001	0.003	-0.062

表2 玉米种植状况调查——病害数据整理情况

Tab.2 Survey on status of maize planting—an overview of disease data

行政区域			第一常见	第二常见	第三常见
省级	地级	县级	病害	病害	病害
山东省	聊城市	莘县	弯孢菌	粗缩病	小斑病
河南省	安阳市	汤阴县	青枯病	丝黑穗	黑粉病
河南省	安阳市	林州市	褐斑病	弯孢菌	粗缩病
河南省	安阳市	安阳县	青枯病	丝黑穗	粗缩病
山东省	泰安市	肥城市	粗缩病	青枯病	小斑病
山东省	聊城市	阳谷县	青枯病	小斑病	大斑病
山西省	长治市	长子县	粗缩病	丝黑穗	黑粉病
河南省	濮阳市	南乐县	小斑病	青枯病	粗缩病
山西省	长治市	长治县	丝黑穗	大斑病	穗粒腐
河南省	安阳市	内黄县	粗缩病	青枯病	褐斑病
山东省	泰安市	新泰市	粗缩病	弯孢菌	大斑病
河南省	濮阳市	清丰县	青枯病	粗缩病	小斑病
∴	∴	∴	∴	∴	∴

表3 玉米病害频次计算

Tab.3 Diseases frequency calculation of maize

病害名称	第一病害 频次	第二病害 频次	第三病害 频次	出现 总频次
粗缩病	64	19	32	115
青枯病	36	27	20	83
小斑病	17	36	23	76
大斑病	15	27	30	72
丝黑穗	15	25	13	53
黑粉病	15	14	17	46
褐斑病	13	9	14	36
锈病	8	8	16	32

表4 非生物胁迫表现频次计算

Tab.4 Abiotic stress performance frequency calculation

非生物胁迫	第一表现 频次	第二表现 频次	第三表现 频次	总频次
穗粒霉变	49	24	15	88
结实差	35	37	25	97
叶片损伤	13	26	20	59
倒伏	7	10	13	30
空秆	7	3	4	14

各区划指标计算涉及玉米的物候期时间,各气象站点的物候数据获取方法为:将调查县的物候期数据进行整理,以2007年1月1日为起点,对天数进行空间插值,再将插值天数还原,获得黄淮海地区各县的物候期数据,根据气象站点空间位置,利用其所在县的物候期数据作为气象站点物候期数据。

### (1) 积温指标

首先,计算气象站点玉米播种期至收获期内日

平均温度大于等于 $10^{\circ}\text{C}$ <sup>[15]</sup>逐日平均气温累加和,得到每年玉米生育期内的有效积温;其次,将近20年的逐年有效积温加和求平均值和标准差,并将求得的积温平均值减去一倍标准差,其定量化表达式见式(1),得到对应气象站点置信度为84.14%的大于等于 $10^{\circ}\text{C}$ 活动积温;最后,将积温定量化结果代入式(2)、(3)得到玉米品种积温适宜度值。

$$T = \frac{\sum_{m=1}^{20} \sum_{n=j_S}^{j_H} T_{m,n}}{20} - S$$

$$(T_{m,n} \geq 10^{\circ}\text{C}) \quad (m = 1, 2, \dots, 20) \quad (1)$$

$$S_T = \frac{T^*}{T} \quad (2)$$

$$S'_T = \begin{cases} S_T & (0.9 \leq S_T \leq 1.0) \\ 0.9 & (0 < S_T < 0.9) \end{cases} \quad (3)$$

式中  $T$ ——气象站点玉米播种期至收获期20年内置信度为84.14%的大于等于 $10^{\circ}\text{C}$ 活动积温值

$j_S$ ——调查数据获得的各县玉米播种时间

$j_H$ ——调查数据获得的各县玉米收获时间

$T_{m,n}$ ——第 $m$ 年玉米播种至收获期间大于等于 $10^{\circ}\text{C}$ 的日平均气温

$S$ ——1倍积温标准差

$T^*$ ——玉米品种生育期内所需积温数据

$S_T$ ——玉米品种积温适宜性

$S'_T$ ——玉米品种积温适宜度

当 $S_T > 1$ 时,说明县域环境提供的积温不能满足玉米品种生长所需积温,故不适宜在该县种植,排除该区域。当 $S_T \leq 1$ 时,说明可在该县种植。当 $S_T < 0.9$ 时,环境提供的积温显著大于品种生长所需积温,造成积温的浪费,所以 $S'_T$ 取值为0.9;相反 $S'_T$ 越接近1表明积温越适宜。

### (2) 空秆胁迫、倒伏胁迫、大斑病胁迫指标

空秆胁迫定量化表达:结合玉米空秆发生的气象条件和相关研究<sup>[16]</sup>,将空秆指标提取值表达为雌雄穗分化和开花授粉期降水量大于等于0.1mm的天数( $d_{re}$ )、无日照天数( $d_{nse}$ )、开花授粉期日最高气温大于等于 $32^{\circ}\text{C}$ 的天数之和( $d_{te}$ ),其定量化表达式为

$$d_e = d_{re} + d_{nse} + d_{te} \quad (4)$$

式中  $d_e$ ——种植环境的空秆胁迫,d

倒伏胁迫定量化表达:结合玉米倒伏气象发生条件和相关研究<sup>[17-18]</sup>,参照《风力等级表》<sup>[19]</sup>和2005年黄淮海地区出现的严重倒伏情况<sup>[20]</sup>,将倒伏胁迫指标的定量化表达为拔节期至成熟期降水量大于等于30mm的天数( $d_{tl}$ )与日最大风速大于等

于9 m/s的天数( $d_{wl}$ )之和,即

$$d_l = d_{rl} + d_{wl} \quad (5)$$

式中  $d_l$ ——种植环境的倒伏胁迫,d

大斑病胁迫定量化表达:大斑病指标值的提取考虑玉米从拔节到抽穗期间温度在20~25℃之间、空气相对湿度在90%以上的天数<sup>[21-25]</sup>,用 $d_d$ 表示。

各胁迫指标适宜度计算:首先对各胁迫指标进行归一化处理(式(6)),得到 $x'_i \in [0, 1.0]$ ;其次将 $x'_i$ 值代入式(7),得到各胁迫指标适宜度 $X_i \in [0, 1.0]$ , $X_i$ 越接近1,代表胁迫程度越弱,玉米品种种植越适宜。

$$x'_i = \frac{x_{ij} - x_{ijmin}}{x_{ijmax} - x_{ijmin}} \quad (i=1,2,3; j=1,2,\dots,606) \quad (6)$$

$$X_i = 1 - x'_i \quad (i=1,2,3) \quad (7)$$

其中  $x_{ijmax} = \max(x_{ij}) \quad (i=1,2,3; j=1,2,\dots,606)$

$$x_{ijmin} = \min(x_{ij}) \quad (i=1,2,3; j=1,2,\dots,606)$$

式中  $i$ ——胁迫指标, $i=1$ 为空秆胁迫, $i=2$ 为倒伏胁迫, $i=3$ 为大斑病胁迫

$j$ ——黄淮海夏播玉米区县的个数

$x_{ij}$ ——各胁迫指标定量化结果

$x'_i$ ——归一化处理后的胁迫指标值

$X_i$ ——胁迫指标的胁迫程度

### (3) 种植密度指标

利用调查数据统计计算调查县平均种植密度;获取调查县中心点,进行空间插值计算,获得黄淮海区的平均种植密度栅格数据,利用插值结果进行县域内统计计算,获得黄淮海地区各县的平均种植密度,用 $L$ 表示。玉米品种平均种植密度适宜度值,计算式为

$$S'_L = \begin{cases} 1 & (L_{min}^* \leq L \leq L_{max}^*) \\ \frac{L_{max}^*}{L} & (L > L_{max}^*) \\ \frac{L}{L_{min}^*} & (L < L_{min}^*) \end{cases} \quad (8)$$

式中  $L$ ——黄淮海地区各县的玉米平均种植密度

$L_{min}^*$ ——玉米品种推荐种植密度的最小值

$L_{max}^*$ ——玉米品种推荐种植密度的最大值

由此可看出, $S'_L$ 值越接近于1越适宜,即玉米品种的适宜种植密度与黄淮海地区各县的平均种植密度一致程度越高。

### (4) 综合指标适宜度计算

区划综合指标适宜度用 $S$ 表示,其计算式为

$$S = v_1 S'_T + v_2 S'_L + \sum_{i=1}^3 X_i v_{i+2} \quad (i=1,2,3) \quad (9)$$

式中  $v_1$ ——积温指标权重

$v_2$ ——平均种植密度指标权重

$v_3$ ——空秆胁迫指标权重

$v_4$ ——倒伏胁迫指标权重

$v_5$ ——大斑病胁迫指标权重

### 1.3.3 面状实体空间聚类方法

面状数据的空间聚类分区应满足每个分区的面状区域是彼此连接的<sup>[26]</sup>,因此本文采用先属性聚类后空间调整的空间属性一体化聚类方法<sup>[11]</sup>,该方法首先利用统计软件SPSS对县域单元做综合指标值的分层聚类;其次,对该属性聚类结果做空间连续性调整,通过相似性准则调整并归并零星区域到邻近类中,最终得到属性上相近、空间上连续的分区结果;最后,在聚类得到的某些类别内会存在属性值较整体属性值差异显著的面状实体,称为特异区,从该聚类方法的特性来看,类内所有实体的属性值应服从正态分布,本文提出以2倍标准差为评判标准,挑出小于下限(平均值减2倍标准差)或者大于上限(平均值加2倍标准差)的所有实体作为聚类特异区,特异区的比例大约是5%。

## 2 案例与分析

### 2.1 玉米品种秀青73-1主要特点

品种秀青73-1的特性<sup>[27]</sup>:在黄淮海地区出苗至成熟期为97~100 d,比对照农大108早熟4~6 d。株型紧凑,株高254 cm,穗位高107~110 cm,成株叶片数21片左右。经河北省农科院植保所2年接种植鉴定,高抗大斑病,抗小斑病和矮花叶病,中抗弯孢菌叶斑病、瘤黑粉病、感茎腐病和玉米螟。适宜种植密度3700~4200株/亩。该品种符合国家玉米品种审定标准,通过审定。适宜在河北、河南、山东、陕西、安徽北部、江苏北部、山西运城夏玉米区种植。

### 2.2 秀青73-1积温适宜度

根据2007年黄淮海地区区试数据,品种秀青73-1在47个试验点上的所有生育期天数的平均值为98.40 d,对其有效积温进行统计得积温指标为2558℃,代入式(1),得到如图3所示的积温适宜度分布图。

### 2.3 秀青73-1平均种植密度适宜度

根据秀青73-1的推荐种植密度,将 $L_{min}$ 取值3700, $L_{max}$ 取值4200,代入式(8)中计算,可得图3中平均种植密度分布图。

### 2.4 秀青73-1空秆胁迫、倒伏胁迫、大斑病胁迫适宜度

分别利用空秆胁迫适宜度计算式(4)、倒伏胁迫适宜度计算式(5)、大斑病胁迫适宜度计算方法,得到空秆胁迫适宜度、倒伏胁迫适宜度、大斑病胁迫

适宜度分布图。

## 2.5 秀青73-1 综合适宜度计算

对黄淮海地区试数据进行统计分析,对比秀青73-1与对照品种农大108的指标数据(图2),可知秀青73-1比对照品种农大108的抗空秆能力强、抗大斑病能力强、抗倒伏能力弱。以此为依据,研究者可根据经验对指标因子赋权重值,如表5所示,代入式(9),结果见图3中综合适宜度分布,可知:该品种在黄淮海夏播玉米区内多数的县都较适宜种植,尤其在山西东南部、河南北部地区最适宜。在安徽省南部、河南省南部,由于受空秆和倒伏的影响,适宜性显著降低。在山东的东部临海部分县,因受大斑病和倒伏影响,适宜性也很低。

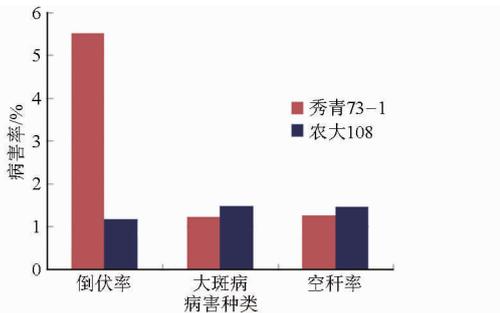


图2 玉米品种秀青73-1的空秆、倒伏、大斑病指标值与对照品种农大108的指标值分布

Fig.2 Comparison of blank-stem, lodging stress, leaf blight indexes between Xiuqing 73-1 and Nongda 108

## 2.6 秀青73-1 属性空间一体化聚类分析

对秀青73-1综合指标适宜度运行分层聚类,将黄淮海地区分成5类(研究者也可根据研究目的的不同,选择不同的聚类数目),运用3种调整规则,进行多轮的空间合并,得到如图3所示结果。

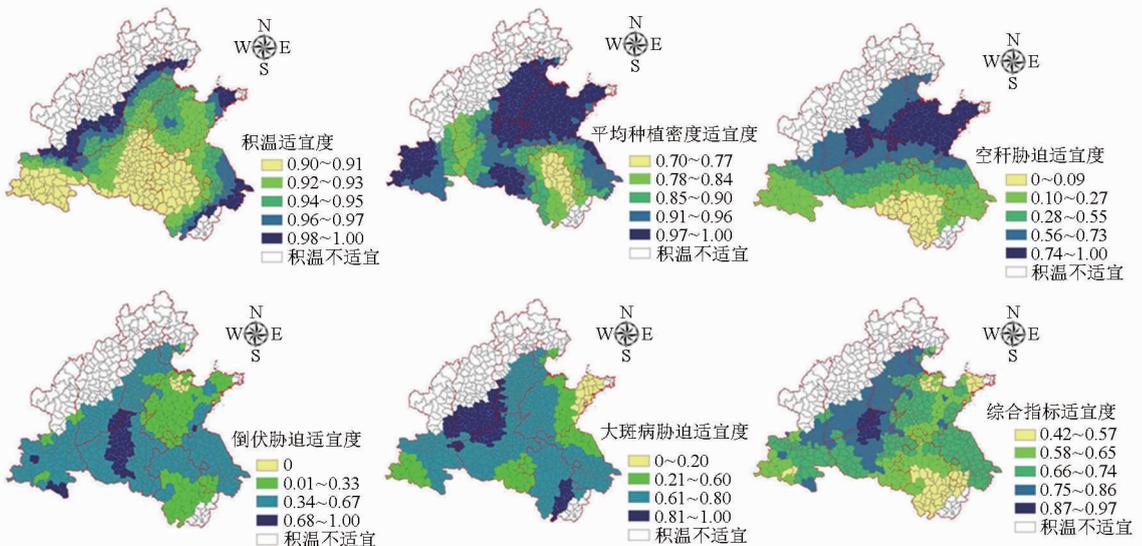


图3 玉米品种秀青73-1各指标与综合指标适宜度

Fig.3 Suitabilities of each index and comprehensive index of Xiuqing 73-1

表5 玉米品种秀青73-1 区划指标及其权重设定

Tab.5 Division indexes and weights set of Xiuqing 73-1

品种	积温	平均种植	空秆胁迫	倒伏胁迫	大斑病胁迫
	权重	密度指标	指标	指标	指标
秀青73-1	0.10	0.15	0.20	0.35	0.20

## 2.7 秀青73-1 特异区提取与分析

结合特异区计算方法得到如表6所示特异区统计数据。将这些特异区在图上渲染以后得到结果如图4所示。

表6 各聚类特异区统计

Tab.6 Specific region statistics of clustering results

分区序号	平均值	标准差	2倍下限	2倍上限	实体总数	特异区个数	所占比例/%
1	0.67	0.05	0.56	0.77	317	18	5.7
2	0.79	0.04	0.71	0.86	206	8	3.9
3	0.54	0.04	0.46	0.61	53	2	3.8
4	0.94	0.02	0.90	0.97	30	2	6.7

从特异区在各个类内所占比例来看比较接近5%,虽然不是标准正态分布,但是很接近,符合在前文中的预期,间接证明了分类结果的客观性,而分析出现偏差的原因主要有以下两点:①样本容量不同。在理想的聚类结果下,样本容量越大其分布就越接近标准正态分布。可以看出第1类5.7%的特异区范围较接近标准正态分布,但其样本容量也仅有317个,如果样本更多效果会更好;而第4类只有30个样本,因此偏差很大。②在属性聚类以后需要进行空间调整,必然会影响到类内属性。分布相对较小的第4类是典型的在空间调整过程中合并了较多其他类实体,降低了分类精度。

在玉米品种的实际推广过程中,应充分重视特

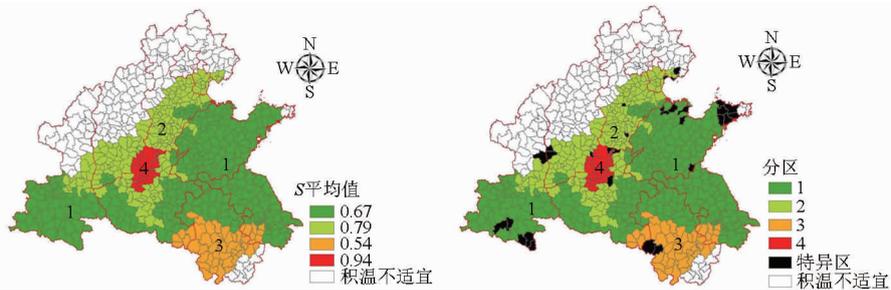


图4 玉米品种秀青73-1适宜性精细区划分区S值与特异区提取

Fig. 4 Specific regions and S value of suitable regionalization of Xiuqing 73-1

异区的差异,避免对分区内各县等同对待,制定错误的品种推广和分区管理策略,造成经济损失。

## 2.8 秀青73-1适宜区分析

表7所示为4个分区各指标与综合指标适宜度统计情况,经比较可知,分区4是玉米品种秀青73-1种植适宜度最高的区域。该分区环境的空秆、倒伏、大斑病胁迫较低,平均种植密度略低于玉米品种的最小种植密度。

表7 玉米品种秀青73-1精细区划分区统计(均值)

Tab.7 Statistical analysis of precisely suitable regionalization of Xiuqing 73-1

分区序号	$S_7$	$S'_L$	$X'_1$	$X'_2$	$X'_3$	S
1	0.93	0.94	0.52	0.54	0.70	0.67
2	0.95	0.95	0.68	0.70	0.85	0.79
3	0.93	0.82	0.09	0.39	0.83	0.54
4	0.93	0.96	0.74	1.00	0.99	0.94

分区3是玉米品种秀青73-1种植适宜度最低的区域,该区大斑病胁迫一般,空秆、倒伏胁迫较高,是造成玉米品种秀青73-1在该区域不适宜种植的主要因素,平均种植密度与玉米品种秀青73-1的适宜密度差距较大。分区2的各项指标特征值适中,综合适宜度也适中。分区1的面积最大,分区内的空秆胁迫、倒伏和大斑病胁迫略高,造成种植适宜度略低,另外,玉米品种秀青73-1在分区1的大斑

病胁迫是4个分区中最重的,建议重点防治。

## 3 结论

(1)在县域精细尺度下,兼顾不同种植环境和品种间差异,同时考虑空间邻接关系,研究作物品种种植适宜性精细区划方法。在一定程度上解决了以往分区尺度大、忽略不同玉米品种在同一生态区表现差异显著的问题,对品种精准化推广提供了新的思路和方法。研究成果有助于“因地制宜”准确选用品种,充分发挥新品种的增产增收效果。

(2)采用基于国家区试数据的相关分析,基于调查数据的频率分析方法确定区划指标,较以往的专家推荐、查阅资料等选择指标更准确和客观。

(3)利用先属性后空间的空间聚类方法,能够更好地契合面状实体的空间聚类思想。对聚类分区内的特异区进行提取和分析研究,既可从样本正态分布的角度验证分区结果的正确性,又可避免对分区内各县等同对待、制定雷同的品种推广和分区管理策略,降低推广风险。

(4)从玉米品种秀青73-1的精细区划分区结果和评述可知,不同分区内,对玉米品种秀青73-1种植起决定性影响的因素是不同的,可据此扬长避短,制定县域尺度精细推广方案。

## 参 考 文 献

- 1 郑度,欧阳,周成虎.对自然地理区划方法的认识与思考[J].地理学报,2008,63(6):563-573.  
Zheng Du, Ou Yang, Zhou Chenghu. Understanding of and thinking over geographical regionalization methodology[J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(6): 563-573. (in Chinese)
- 2 蒲金涌,邓振镛,姚小英,等.甘肃省冬小麦生态气候分析及适生种植区划[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):179-185,196.  
Pu Jinyong, Deng Zhenyong, Yao Xiaoying, et al. A study on ecoclimatic of winter wheat and its suitable planting regions in Gansu [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2005, 23(1): 179-185, 196. (in Chinese)
- 3 郭淑敏,陈印军,苏永秀,等.广西香蕉精细化农业气候区划与应用研究[J].中国农学通报,2010,26(24):348-352.  
Guo Shumin, Chen Yinjun, Su Yongxiu, et al. Study on precise comprehensive agricultural climate regional planning and application of banana in Guangxi[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(24): 348-352. (in Chinese)
- 4 邓振镛,李栋梁,郝志毅,等.我国高原干旱气候区作物种植区划综合指标体系研究[J].高原气象,2004,23(6):847-850.  
Deng Zhenyong, Li Dongliang, Hao Zhiyi, et al. Study on integrative index system of crop ecological suitable planting division in arid climate condition of altiplate region[J]. Plateau Meteorology, 2004, 23(6): 847-850. (in Chinese)
- 5 佟屏亚.中国玉米种植区划[M].北京:中国农业出版社,1992.
- 6 刘哲.作物品种表型多环境测试技术研究与应用[D].北京:中国农业大学,2012.

- 7 苏占胜,秦其明,陈晓光,等. GIS技术在宁夏枸杞气候区划中的应用[J]. 资源科学,2006,28(6):68-72.  
Su Zhansheng, Qin Qiming, Chen Xiaoguang, et al. Application of GIS for climate mapping of Chinese wolfberry in Ningxia Hui Autonomous Region[J]. Resources Science, 2006, 28(6): 68-72. (in Chinese)
- 8 赵子征,彭高军,辛本胜. 我国西北地区节能型日光温室蔬菜生产气候区划[J]. 农机化研究,2006(5):87-90.  
Zhao Zizheng, Peng Gaojun, Xin Bensheng. The climatic regionalization for vegetable production in energy-saving solar greenhouse in northwest of China[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(5): 87-90. (in Chinese)
- 9 赵辉,米鸿涛,杜子璇. 基于AHP的模糊综合评判在茶叶气候种植区划中的应用[J]. 气象科技,2013,41(6):1134-1137.  
Zhao Hui, Mi Hongtao, Du Zixuan. Application of AHP-based fuzzy comprehensive evaluation in climate regionalization for tea planting[J]. Meteorological Science and Technology, 2013, 41(6): 1134-1137. (in Chinese)
- 10 何奇瑾,周广胜. 我国夏玉米潜在种植分布区的气候适宜性研究[J]. 地理学报,2011,66(11):1443-1450.  
He Qijin, Zhou Guangsheng. Climatic suitability of potential summer maize planting zones in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(11): 1443-1450. (in Chinese)
- 11 Wang Hu, Zhang Xiaodong, Li Shaoming, et al. Spatial clustering and outlier analysis for the regionalization of maize cultivation in China[J]. WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 2010, 7(6): 850-859.
- 12 张晓煜,李红英,陈卫平,等. 宁夏酿酒葡萄品种生态区划[J]. 生态学杂志,2014,33(11):3112-3119.  
Zhang Xiaoyu, Li Hongying, Chen Weiping, et al. Ecological regionalization of wine grape varieties in Ningxia[J]. Chinese Journal of Ecology, 2014, 33(11): 3112-3119. (in Chinese)
- 13 张建军,马晓群,许莹. 安徽省一季稻生长气候适宜性评价指标的建立与试用[J]. 气象,2013,39(1):88-93.  
Zhang Jianjun, Ma Xiaoqun, Xu Ying. Establishment and application of growing climatic suitability indicator of single cropping rice in Anhui Province[J]. Meteorological Monthly, 2013, 39(1): 88-93. (in Chinese)
- 14 何亚娟,潘学标,裴志远,等. 县域尺度玉米产量信息空间变异性研究[J]. 农业机械学报,2013,44(2):214-217,231  
He Yajuan, Pan Xuebiao, Pei Zhiyuan, et al. Spatial variability of corn yield at county-scale[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(2): 214-217, 231. (in Chinese)
- 15 龙志长,段盛荣,龙晖,等. 湖南省春玉米生育气候条件分析及种植区划[J]. 作物研究,2005,19(2):83-86.
- 16 高桂芹,郭丽霞. 2005年唐山市夏播玉米空秆、畸形穗气象因素分析[J]. 玉米科学,2006,14(增刊1):119-120,122.  
Gao Guiqin, Guo Lixia. Analysis of the cause of meteorological formation of barren stem, crooked fringe on summer maize of Tangshan in 2005[J]. Journal of Maize Sciences, 2006, 14(Supp. 1): 119-120, 122. (in Chinese)
- 17 刘天增,曹卫东. 玉米倒伏的气象指标与防御技术[J]. 河南农业,2008(17):17.
- 18 徐丽丽,朱德海,张晓东,等. 基于SuperMap Objects的玉米县域种植环境信息分析及应用[J]. 安徽农业科学,2008,36(24):10612-10614  
Xu Lili, Zhu Dehai, Zhang Xiaodong, et al. Analysis and application of corn county planting environmental information based on SuperMap Objects[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(24): 10612-10614. (in Chinese)
- 19 GB/T 28591—2012 风力等级[S]. 2012.
- 20 宋朝玉,张继余,张清霞,等. 玉米倒伏的类型、原因及预防、治理措施[J]. 作物杂志,2006(1):36-38.
- 21 徐秀德,刘志恒. 玉米病虫害原色图鉴[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2009.
- 22 郭厚文. 玉米大斑病发病规律及防治技术[J]. 河北农业科学,2007,11(4):62,64.  
Guo Houwen. The occurrence of maize spot disease and controlling methods[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2007, 11(4): 62, 64. (in Chinese)
- 23 王晓梅,刘国宁,田宇光,等. 长春地区玉米大斑病流行指数增长长期的病情增长研究[J]. 玉米科学,2007,15(5):133-135,138.  
Wang Xiaomei, Liu Guoning, Tian Yuguang, et al. The studies on the increase of disease of *Exserohilum turcicum* in the exponential stage in Changchun region[J]. Journal of Maize Sciences, 2007, 15(5): 133-135, 138. (in Chinese)
- 24 张洋. 玉米大斑病的发生与防治[J]. 杂粮作物,2008,28(2):116-117.
- 25 吴格娥,张家卫,石群. 几个玉米新品种的丰产性及对大斑病的抗性比较试验[J]. 黔东南民族职业技术学院学报:综合版,2007,3(1):16-18.
- 26 黄志敏. 带约束条件的交互式空间聚类算法研究[D]. 北京:中国农业大学,2007.  
Huang Zhimin. Interactive constrained spatial clustering algorithm [D]. Beijing: China Agricultural University, 2007. (in Chinese)
- 27 河北农业科技编辑部. 秀青73-1(国审玉2005019号)介绍[J]. 河北农业科技,2006(11):35.

(上接第318页)

- 18 宋沫飞,孙正兴,张尧焯,等. 用单幅草图的正交多面体模型生成方法[J]. 计算机辅助设计与图形学报,2012,24(1):50-59.  
Song M F, Sun Z X, Zhang Y Y, et al. Rectangular polyhedron reconstruction from single sketchy drawing[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2012, 24(1): 50-59. (in Chinese)
- 19 杨云志,王小平,张维中. 基于投影法的过渡曲面构造方法[J]. 中国机械工程,2014,25(6):780-785.  
Yang Y Z, Wang X P, Zhang W Z. Constructing transition surface based on curve projection [J]. China Mechanical Engineering, 2014, 25(6): 780-785. (in Chinese)
- 20 桑涛,汤艳萍. 手绘系统中三维标准几何图形的绘制[J]. 东北师大学报:自然科学版,2013,44(3):69-75.  
Sang T, Tang Y P. Recognition algorithm for 3D graphics[J]. Journal of Northeast Normal University: Natural Science Edition, 2013, 44(3): 69-75. (in Chinese)
- 21 Eitz M, Hays J, Alexa M. How do humans sketch objects? [J]. ACM Transactions on Graphics, 2012, 31(4): 1-44.