

大豆种质资源空间分布特征与气候因素的数据分析

张 婧 刘 玄 丁远鑫 韩旭霏 王洋洋
(河南大学环境与规划学院, 河南开封 475004)

摘要: 为了解全国大豆种质资源空间分布特征及其与气候气象因素的关系, 选取大豆资源分布地区经纬度、适宜播种季节和各生长指标等以及气候气象方面的累年年均温、累年气温年较差、累年相对湿度和累年(08-08)年均降水量数据, 通过ArcGIS、Geo-Da等软件, 运用探索性空间分析(ESDA)、相关性分析、空间插值分析等方法进行分析研究。结果表明:(1)大豆种质资源密度由东南到西北逐渐递减, 适宜播种季节数减少;(2)大豆生育日数、株高、百粒重均存在显著的空间自相关;(3)株高、生育日数和适宜播种季节数与四项气候气象因子均有较显著相关性, 而百粒重与其并无明显相关, 对比大豆生长指标与四项气候气象因子的等级分布图知气候气象因素对大豆种质资源空间分布特征有较显著的影响。

关键词: 数据分析; 大豆种质资源; GIS; 空间分布; 探索性空间分析(ESDA); 气候气象; 相关性分析

中图分类号: S52

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2018.05.009

Data Analysis on Spatial Distribution of Soybean Germplasm Resources and Its Relationship with Climatic and Meteorological Factors

ZHANG Jing, LIU Xuan, DING Yuanxin, HAN Xufei, WANG Yangyang

(College of Environment & Planning, Henan University, Kaifeng 475004)

Abstract: In order to understand the spatial distribution of soybean germplasm resources in China and its relationship with climatic and meteorological factors, in this paper, the latitude and longitude, the suitable sowing seasons and growth indexes of soya planting areas, as well as the annual average temperature, annual accumulated temperature, annual relative humidity and (08-08) annual precipitation data in climatic and meteorological aspects are analyzed and researched by using ArcGIS, Geo-Da software, exploratory spatial data analysis (ESDA), correlation analysis, and spatial interpolation analysis methods. The results suggested that: 1) The density of soybean germplasm resources gradually decreased from southeast to northwest, the number of replanting seasons also reduced; 2) There were significant spatial autocorrelation in the number of growing days, plant height and hundred-grain weight of soybean; 3) There was no significant correlation between hundred-grain weight and four climatic and meteorological factors, while plant height, number of growing days and multiple cropping seasons were all significantly correlated with the four climatic and

作者简介: 张婧(1997—), 女, 河南大学环境与规划学院本科生, 研究方向: 环境科学; 刘玄(1995—), 男, 河南大学环境与规划学院本科生, 研究方向: 地理信息科学; 丁远鑫(1996—), 女, 河南大学环境与规划学院本科生, 研究方向: 环境科学; 韩旭霏(1997—), 女, 河南大学环境与规划学院本科生, 研究方向: 地理信息科学; 王洋洋(1986—), 男, 河南大学环境与规划学院博士研究生, 研究方向: 环境污染修复(通讯作者)。

基金项目: 国家自然科学基金“生物修复Cr(VI)污染过程中有机Cr(III)的产生及其环境行为研究”(51704093); 河南大学创新创业训练计划项目“开封夜市不同时段噪声污染状况分析与对策研究”(2017N038)。

收稿时间: 2018年4月13日。

meteorological factors. By comparing the grade distribution maps of soybean growth index with the grade distribution maps of four climatic factors, climatic and meteorological factors have a significant influence on spatial distribution of soybean germplasm resources.

Keywords: data analysis, soybean germplasm resources, GIS, spatial distribution, exploratory spatial data analysis, climatic and meteorological, correlation analysis

0 引言

目前,我国对大豆的研究取得了一定的成果,潘铁夫^[1-2]等曾对全国的大豆栽培区采用不同的划分方法,将大豆产区总体上划分为春大豆区、黄淮流域夏大豆区、长江流域夏大豆区、秋大豆区和四季大豆区。四季大豆栽培面积很少,仅占全国的2%。此外,研究气候对大豆产量、大豆的生产潜力等的影响较多,涉及区域也多是河南、东北等局部性地区。李彤霄^[3]对选取的大豆生育期观测资料和同期气象观测资料进行分析,研究了河南省气候变化对大豆生长发育的影响;王倩^[4]采用克里金插值法等对黑龙江地区气候对大豆生产潜力的影响进行了研究;姜丽霞、李帅^[5]对1980—2008年的黑龙江地区的数据采用数理统计方法,研究了气候变化对大豆发育和产量的影响。但学者们对大豆在气候因素影响的研究范围特别是对空间分布影响的研究较少。本文则对大豆种质资源在全国的空间分布特征与气候的关系进行初步探讨。

1 材料与方法

1.1 资料来源

(1)大豆资料来自于“共享杯”大学生科技资源共享服务创新大赛官网,数据提供平台为农业科学数据共享中心。主要为23587条大豆资源经纬度信息、种植区域、品种、季节,及其生长株高、百粒重、生育日数等。

(2)气象数据资料主要来自于中国气象科学数据共享服务平台,摘取年代为1981—2010年,选取全国2118个气象站数据,主要包括累年平均气温、累年气温年较差、累年平均相对湿度、累年(08—08)时年均降水量。

1.2 数据处理

大豆原始数据均为每个省份各区县的大豆资源收集地点。由于收集点过于零散繁杂,不便于数据处理,因此将每个点的生育日数、株高、百粒重归纳到其所在的地级市,并求取平均数作为地级市数据。再将地级市归纳到其所在省份,并取3个指标的平均数作为省级数据。一共总结全国省份分季节大豆数据56条。将每个省级行政单元按不同种植季节分为春、夏、秋三季,春季种植省份为30个,夏季种植省份为20个,秋季种植省份为6个。

气象原始数据为全国气象站点的基础数据,共计2118组气象数据,为匹配大豆种植地级市单元,将每个站点归纳至其所在的地级市,并将累年年均温、累年气温年较差、累年平均相对湿度、累年08—08时年均降水量取平均值作为该市的气象数据。对于缺失数据的地级市,主要采用相邻地级市的气象数据平均值或相关文献的气象数据来填补。

1.3 研究方法

1.3.1 对比分析法

对比分析法也叫做比较分析法,它通过把两个相互联系的指标数据进行比较,在数量上显示和说明研究对象水平的高低、各种关系是否协调等,从而能够对事物的本质和规律有正确的认识并且做出正确的评价。对比分析法有一定的标准,包括时间标准、空间标准等。空间标准是通过选用不同的空间指标数据进行比较,可以与相似的空间比较、与先进空间比较、与扩大的空间标准比较。对比分析总体上需要遵循可比性原则,具体来说,即:指标的内涵和外延可比、指标的时间范围可比、指标的计算方法可比、总体性质可比。

1.3.2 相关性分析法

相关性分析是指对两个或多个具备相关性的变量元素进行分析，从而衡量两个变量因素的相关密切程度。对于两个不同的要素 x 与 y ，如果，分别用 x_i 与 y_i 表示它们的样本值，它们之间的相关系数被定义为：

$$r_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

该两要素之间的相关程度由相关系数 r_{xy} 来表示，它的值是在 $[-1, 1]$ 之间。相关系数 $r_{xy} > 0$ ，表示正相关，即两要素同向相关； $r_{xy} < 0$ ，表示负相关，即两要素异向相关。当两要素之间的相关系数 r_{xy} 求出后，还需要对其进行检验。一般是在给定的置信水平下进行检验，并通过查相关系数检验的临界值表来完成的^[6]。

1.3.3 探索性空间数据分析 (ESDA)

空间权重矩阵是探索性空间分析技术的前提和基础。采用邻近规则定义省市之间的空间关系，通过定义一个二元对称空间权重矩阵 w ，来表达 n 个位置的空间邻近关系，形式如下：

$$w = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \cdots & w_{nn} \end{bmatrix}$$

确定空间权重的规则常用的两种如下，若区域 i 与区域 j 邻近时可用 1 表示，反之则用 0 表示。

简单的二进制邻接矩阵

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{当区域} i \text{和区域} j \text{相邻} \\ 0 \rightarrow \text{其他} \end{cases}$$

Moran 的 I 指数和 Geary 的 C 指数在进行空间自相关的全局评估时忽略了空间过程的潜在不稳定性。如果深入考虑观测值的高值或低值是否有局部空间聚集，对于全局空间自相关的贡献程度的区域等区域性问题时，就必须进行局部空间自相关分析。局部空间自相关分析方法包括：LISA

(空间联系的局部指标)、G 统计、Moran 散点图。

本文主要运用 LISA 和 Moran 散点图^[6]。

LISA 局部 Moran 指数 I_i 定义为：

$$I_i = z'_i \sum_j w_{ij} z'_j$$

其中， z'_i 和 z'_j 是经过标准化的观测值； w_{ij} 是空间权重标准形式，表示区域 i 与区域 j 的临近关系；正的 I_i 值表示该区域单元周围相似值（高值或低值）的空间聚集，负的 I_i 值则表示非相似值的空间聚集。

根据公式：

$$Z(I_i) = \frac{I_i - E(I_i)}{\sqrt{VAR(I_i)}}$$

计算出检验统计量，可以对有意义的局部空间关联进行显著性检验。

以 (w_z, z) 为坐标点的 Moran 的散点图，常用来研究局部的空间不稳定性。将 Moran 散点图与 LISA 显著性水平相结合，可以得到 Moran 显著性水平图，图中可以显示出显著的 LISA 区域，并分别标识出对应于 Moran 散点图中不同象限的相应区域。在给定的置信区间内，若 I_i 显著 > 0 且 $z_i > 0$ ，则区域 i 位于 H-H 象限（右上象限）；若 I_i 显著 > 0 且 $z_i < 0$ ，则区域 i 位于 L-L 象限（左下象限）；若 I_i 显著 < 0 且 $z_i < 0$ ，则区域 i 位于 H-L 象限（左上象限）；若 I_i 显著 < 0 且 $z_i > 0$ ，则区域 i 位于 L-H 象限（右下象限）。

1.3.4 反距离加权插值 (IDW)

距离倒数权重插值是一种精确的差值方法，它假设未知值的点受近距离已知点的影响比远距离已知点的影响更大。其通用方程式为：

$$z_0 = \frac{\sum_{i=1}^s z_i \frac{1}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^s \frac{1}{d_i^k}}$$

式中， z_0 是点 0 的估计值； z_i 是已知点 i 的 z 值； d_i 是已知点 i 与点 0 间的距离， s 是在估算中用到的已知点数目， k 是确定的幂。幂 k 控制了局部影响的程度。指数幂等于 1.0 意味着点之间的数值变化率未封顶不变（线性插值）。指数幂大于等

于2.0意味着越靠近已知点,数值的变化率越大;远离已知点时,则趋于平稳^[7]。IDW插值的一个重要特征是所有预测值都介于已知的最大值和最小值之间,其优点在于具有普适性,当样本数据的密度足够大时能达到满意的精度,其产生的趋势面变化较平缓。

2 省级空间分布与局域空间自相关

运用ArcGIS将大豆数据按不同省份季节资源分布进行分类,分为春季、夏季、秋季,分别制作相应季节的大豆的省份分布图(图1)。根据数据显示,部分地区有适宜多个季节播种的大豆资源,运用ArcGIS将大豆适宜播种季节数按0~3显示在图中,并与3个季节大豆分布区图进行对照分析。按省级单位,春大豆除西藏、青海、云南、河南和山东外均存在资源分布;夏大豆除西北、东北及北方部分省份外均存在资源分布;秋大豆资源仅分布于西藏和华南地区多数省份;按

市级单位中适宜多个播种季节数分布对照可知新疆仅在准格尔、吐鲁番盆地附近有春大豆资源分布,西藏仅在其东南部有秋大豆资源分布,内蒙古地区春大豆多分布在其南部,其他省份大部分地级市春大豆都有分布,尤其中原、华北、南方地区资源分布密集。按季节性对照,长江中下游及其以南地区、西南地区、南部沿海和京津冀大部分地区大豆适宜播种在春、夏两季,其中湖南、江西、福建、浙江大部分地级市大豆适宜播种三季;中原地区、黄土高原、东北地区、云贵高原大部分地区 and 新疆、西藏小部分地区大豆适宜播种一季,西藏东南部为秋季,东北地区多为春季,中原地区多为夏季。

运用Geo-Da软件中的Univariate Local Moran's I方法分析大豆的生育日数、株高、百粒重的LISA值,并在Z检验的基础上($p \leq 0.05$)绘制LISA集聚分布图,同时生成Moran散点图(图2)^[8]。生育日数、株高、百粒重的Moran's I指

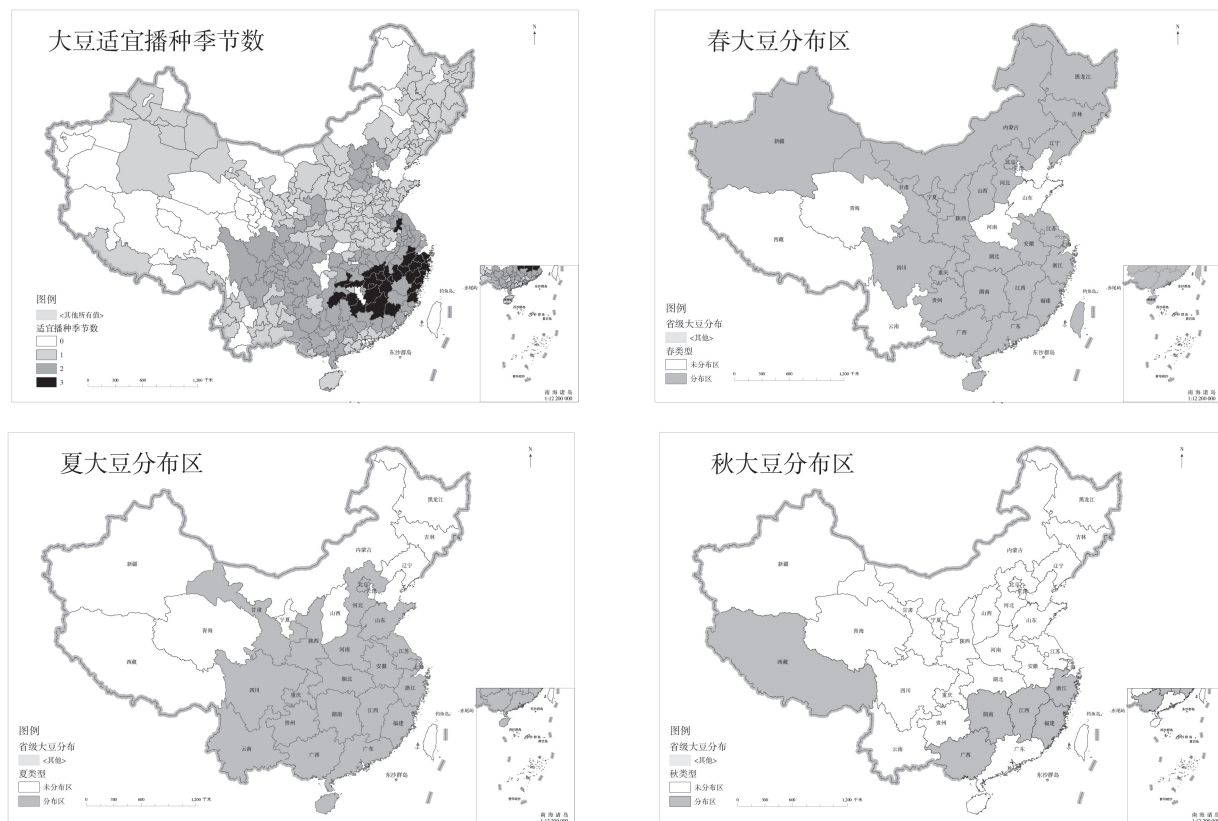


图1 全国大豆不同季节分布及适宜播种季节数对比图

数分别为 0.593435、0.617214、0.545989（表 1），存在显著的空间自相关。

如图 3 所示，从生育日数看出，显著 L-L 区数量最多，主要分布在山东的大部分地区、河南的中东部、安徽的北部、湖南江西的中部、福建广东广西的大部分地区，表明这些地区大豆种质资源的生育日数短，并且集中分布，呈现出低值关联效应；显著 H-H 区数量次之，主要分布在新疆东部、甘肃、宁夏、陕西、山西、辽宁和云南地区，表明这些地区大豆种植资源的生育日数长，并且集中分布，呈现出高值集聚现象；显著 H-L 区主要分在湖北的武汉、广东的肇庆、河

源和茂名地区，表明该地区的大豆种质资源生育日数显著高于周边区域，出现了极化效应；显著 L-H 区数量最少，主要分布在新疆的伊犁地区，表明这些地区的大豆种质资源生育日数明显低于周围地区，是显著的沉降区。

如图 4 所示，从株高看出，显著 H-H 区数量和显著 L-L 区数量同为最多，其中 H-H 区主要分布在新疆的东部、甘肃、宁夏、内蒙古的中南部、山西河北的绝大部、山东的西部和东北三省的少部分地区，表明这些地区大豆种质资源的株高高，并且集中分布，呈现出高值集聚现象；L-L 区主要分布在安徽南部、浙江西部、江西福

表 1 大豆生长指标的各象限值及 Moran's I 值

生长指标	Not Significant	H-H	L-L	L-H	H-L	Neighbor less	Moran-I
生育日数	177	42	64	2	4	2	0.593435
株高	174	56	56	2	1	2	0.617214
百粒重	183	52	46	2	6	2	0.545989

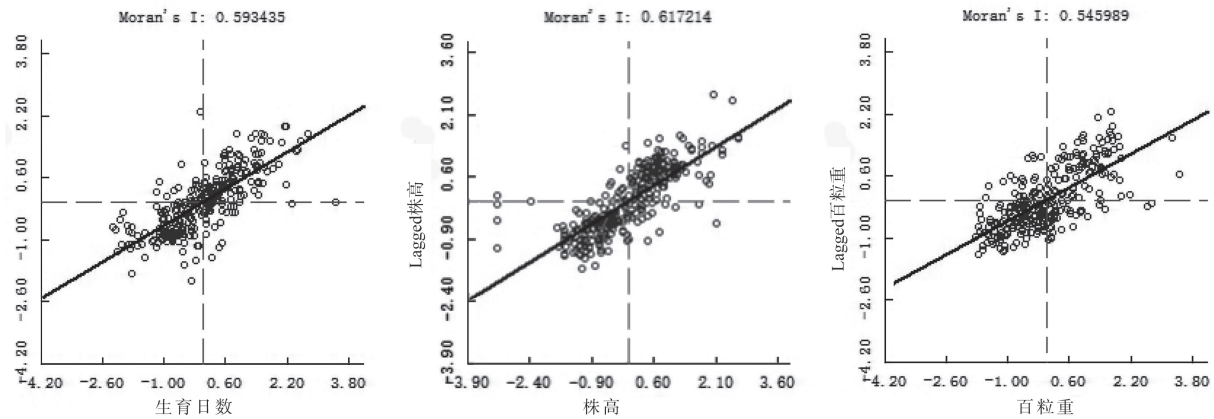


图 2 全国大豆不同生长指标 Moran 散点图

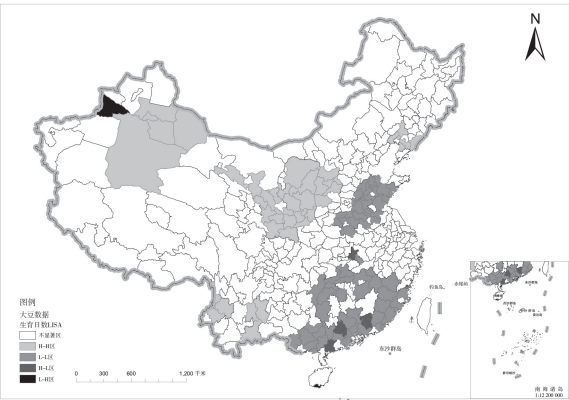


图 3 生育日数 LISA 集聚图

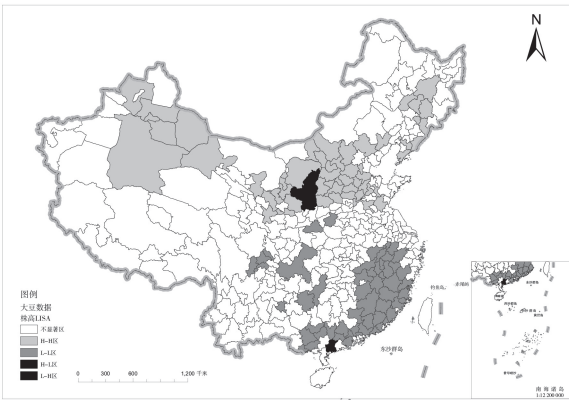


图 4 株高 LISA 集聚图

建广东的绝大部、广西的东南部和中西部的少部分地区，表明这些地区大豆种质资源的株高低，并且集中分布，呈现出低值关联效应；显著L-H区主要分布在陕西的榆林和延安地区，表明该地区大豆种质资源的株高明显低于周边区域，是显著的沉降区；显著H-L区数量最少，主要分布在广东的茂名地区，表明这些地区的大豆种质资源的株高明显高于周边区域，出现了极化效应。

如图5所示，从百粒重看出，显著H-H区数量最多，主要分布在东三省、江苏中南部、上海、浙江全部、安徽江西和福建的少部分地区，表明这些地区大豆种质资源的百粒重大，并且集中分布，呈现出高值集聚现象；显著L-L区数量次之，主要分布在新疆的中北部、呼和浩特市及周边地区、陕西山西的大部分地区、山东的中部地区、重庆市、贵州的大部分地区、湖北的大部分地区和湖南的北部地区，表明这些地区大豆种质资源的百粒重小，并且集中分布，呈现出低值关联效应；显著H-L区主要分布在甘肃的酒泉、陕西的商洛、山东的德州、四川的自贡、广西的南宁和钦州，表明这些地区的大豆种质资源

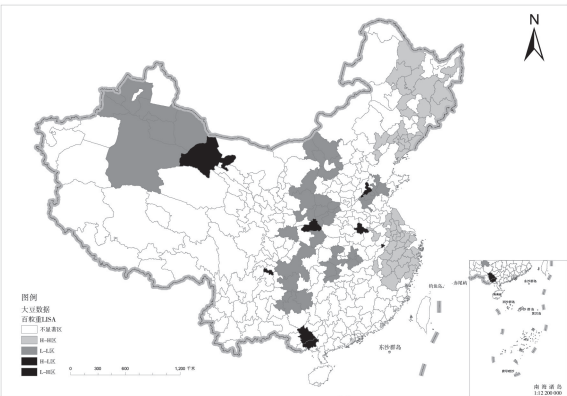


图5 百粒重LISA集聚图

的百粒重显著高于周边区域，出现极化效应；显著L-H区数量最少，主要分布在安徽的阜阳和铜陵，表明这些地区的大豆种质资源的百粒重显著低于周边区域，是显著的沉降区^[9]。

3 大豆生长指标与气象因素的相关性

运用SPSS将所有大豆地级市级别数据及其每个市所对应的气候气象数据进行双变量相关性分析（表2）^[10-11]。大豆百粒重只与气温年较差在0.01水平上呈显著正相关，其他均未通过相关性检验；株高与年均气温、气温年较差、相对湿度、（08-08）年均降水量均在0.01水平上呈显著相关，除气温年较差为正相关，其余均为负相关，其中与年均降水量相关系数大于0.6，最为显著，其他相关系数也均处于0.5附近，气温年较差略低；生育日数与气温年较差在0.05水平上呈正相关，与其他3个气象因子均在0.01水平上呈显著正相关，其中与年均气温相关系数最大，年均降水量次之，相对湿度最小；适宜播种季节个数除与气温年较差存在负相关，其余均在0.01水平上呈显著正相关，其中与年均降水量相关性最好，年均气温和相对湿度次之，气温年较差相关性最差。

4 气候对生育日数、株高与百粒重的影响

运用ArcGIS中插值分析中距离倒数权重插值方法^[12-13]，将2118个气象站点的累年平均气温、累年气温年较差、累年平均相对湿度、累年08-08时年均降水量生成等值分布图。同时，将地级市大豆生长指标生育日数、株高和百粒重生等值分布图。对生育日数、株高和百粒重的空间分布差异和气象因子进行对比^[14]。

表2 大豆生长指标与各气象要素线性相关系数

生长指标	年平均气温	气温年较差	相对湿度	（08-08）年均降水量
百粒重	-0.090	0.181**	0.049	0.077
株高	-0.495**	0.444**	-0.577**	-0.616**
生育日数	-0.448**	0.146*	-0.385**	-0.432**
适宜播种季节个数	0.450**	-0.295**	0.489**	0.554**

注：表中数据右上角*、**、分别表示通过0.05和0.01的显著性检验。

累年年均降水量整体上呈现出由东南沿海向西北内陆递减的趋势，大于 1800 毫米的高值区集中在闽南三角洲、珠江三角洲、海南岛以及浙江福建江西安徽的交界地带，低于 200 毫米的低值区分布在我国西北边疆地区，如图 6 所示。累年年均气温虽整体上呈现由南向北递减的趋势，符合热量随纬度升高而递减的规律，但是受地形和大陆性气候的影响，云贵高原和青藏高原地区的年平均温低于我国同纬度的地区、塔里木盆地的年平均温则高于同纬度地区如图 7 所示。累年相对湿度整体上呈现由东南沿海向西北内陆递减的趋势，高值区集中在四川盆地和长江中下游地区，由于西北内陆降水少，加之全年蒸发量大，使其成为低值中心，如图 8 所示。累年气温年较差与年平均温则呈现出相反的递变趋势，由北向南气温年较差逐渐缩小；高值区主要在我国西北和东北地区，低值区分布在我国南部沿海地区和

云南地区如图 9 所示。

如图 10 所示，生育日数的高值区主要集中在青藏高原、黄土高原、西北和东北地区，低值区主要集中在华南和华北平原地区。通过与年均降水量图、年均气温图、相对湿度图和气温年较差图的对比发现，生育日数与气温年较差无明显的相关性；而年均降水量、年均气温和相对湿度都呈现出由东南向西北递减的趋势，与生育日数在空间上存在一定程度的负相关。

如图 11 所示，株高在空间存在明显差异，高值区主要分布在我国北方地区和西南地区，低值区主要分布在我国南方地区；通过与年均降水量图、年均气温图、相对湿度图和气温年较差图的对比发现，气温年较差大体呈现从北向南递减的特征与株高的等级分布存在一定的相关性；而年均降水量、年均气温和相对湿度的递变趋势与株高存在较高的负相关。

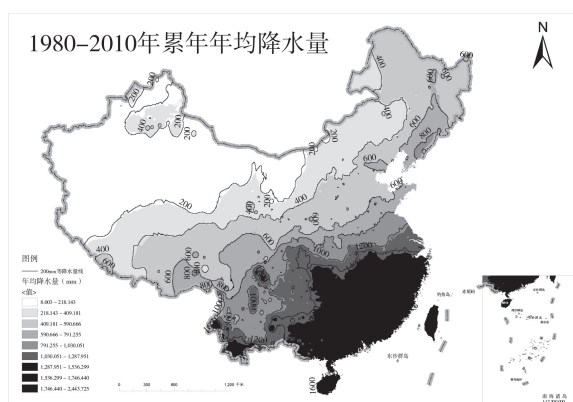


图 6 累年年均降水量

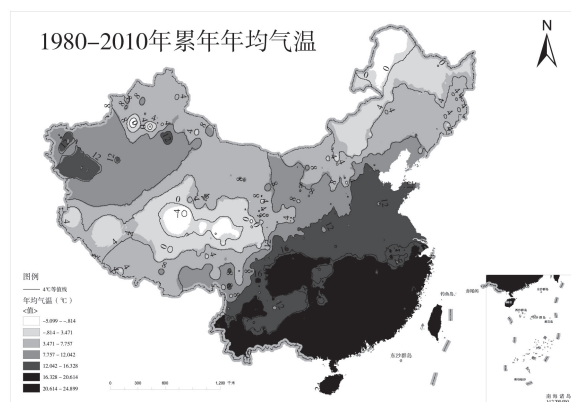


图 7 累年年均气温

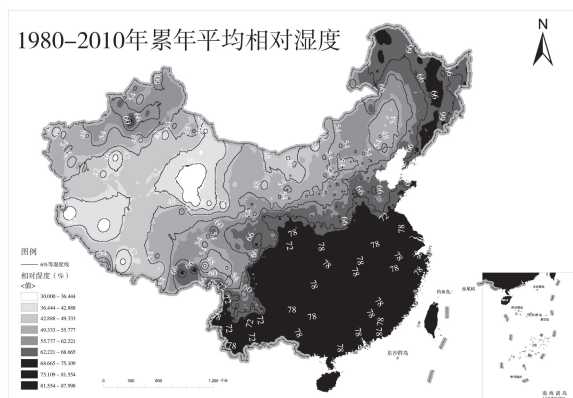


图 8 累年年均相对湿度

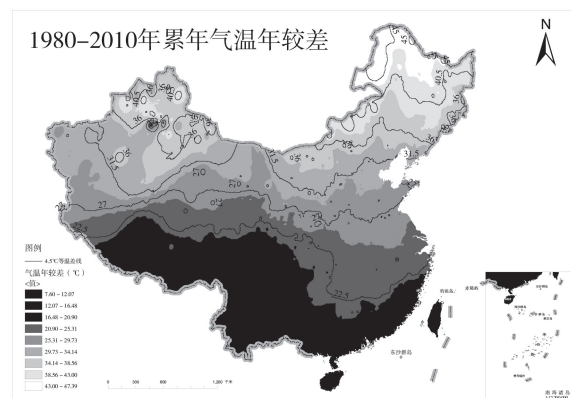


图 9 累年气温年较差

如图 12 所示, 百粒重的空间差异显著, 高值区分布不均, 主要集中在东北、黄淮海和西藏地区; 低值区的空间差异不明显, 主要集中在我国中西部地区。通过与年均降水量图、年均气温图、相对湿度图和气温年较差图的对比发现, 百

粒重的空间分布特征与年均降水量、年均气温、气温年较差和相对湿度均无明显的相关性。

5 结论

本文选取各省和大豆种质资源的经纬度、季节、株高、百粒重、生育日数等数据及 1981—2010 年全国 2118 家气象站的气象数据, 运用 ArcGIS、Geo-Da、SPSS 软件进行对比分析, 揭示了全国大豆种质资源空间分布特征与气候因素的关系。

(1) 大豆种质资源在全国具有广泛的分布, 82.4% 的地级市都有分布, 趋势由东南向西北大豆种质资源密度逐渐递减, 并且适宜播种季节个数逐渐减少至无。

(2) 湖南、江西和浙江一年中适宜播种时间最长, 适宜播种三季; 四川、重庆、贵州、福建、上海和京津冀地区适宜播种两季; 东北三省、华中与华北地区、新疆中东部地区和西藏南部适宜播种一季。大豆生育日数、株高和百粒重这 3 项农艺性状均存在显著的空间自相关。生育日数和百粒重的 H-H 区主要分布在中西部, L-L 区主要分布在东部; 株高 H-H 区主要分布在北方, L-L 区主要分布在南方。

(3) 气候条件对大豆种质资源的分布地区和生长指标均有较显著的影响, 其中百粒重与 4 项气候气象指标并无明显关联; 株高、生育日数与年均温、相对湿度、年均降水量均有较明显的负相关, 与气温年较差有一定的正相关; 复种季节数与气温年较差有一定的负相关, 与其他 3 项指标均有较明显的正相关。

致谢

感谢农业科学数据共享中心、中国气象科学数据共享服务平台提供资料数据。

参考文献

- [1] 汪越胜, 盖钧镒. 中国大豆品种生态区划的修正 II 各区范围及主要品种类型[J]. 应用生态学报, 2002, 13(1): 71-75.

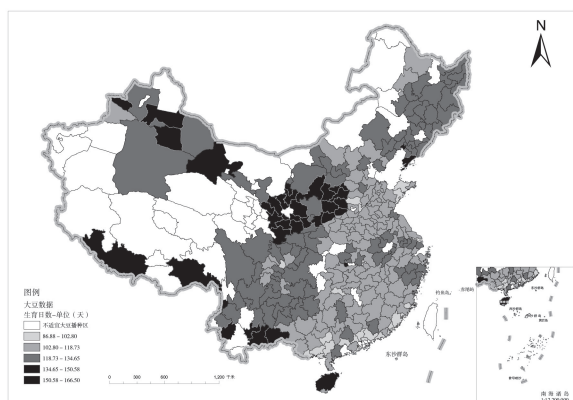


图 10 生育日数等级分布图

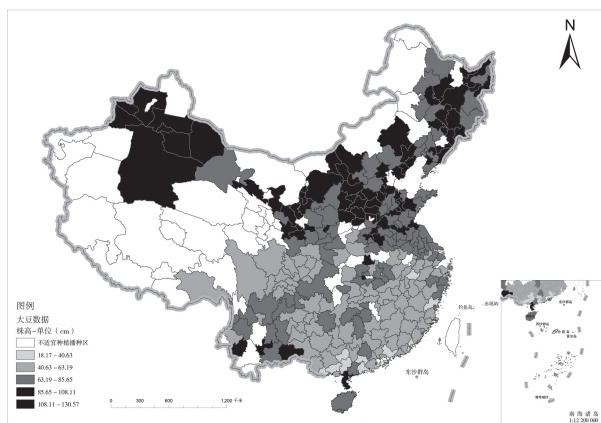


图 11 株高等级分布图

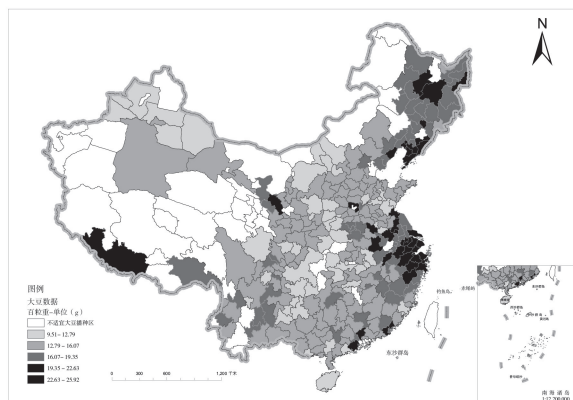


图 12 百粒重等级分布图

- [2] 潘铁夫, 张德荣, 张文广, 等. 中国大豆区划的研究[J]. 大豆科学, 1984, 3(3): 169-182.
- [3] 李彤霄. 河南省气候变化对大豆生育期的影响研究[J]. 气象与环境科学, 2015, 28(2): 24-28.
- [4] 王倩. 气候变化背景下黑龙江省黑土区大豆气候生产潜力研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2014.
- [5] 姜丽霞, 李帅. 黑龙江省近三十年气候变化对大豆发育和产量的影响[J]. 大豆科学, 2011, 30(6): 921-926.
- [6] 徐建华. 计量地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.
- [7] DAVID O'Sullivan, DAVID J Unwin. Geographic information analysis[M]. 2nd ed. State of New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.
- [8] 黄厅厅, 卢德彬, 杨建, 等. 基于探索性空间数据分析的贵州省耕地质量空间差异[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(2): 162-166.
- [9] 任平, 吴涛, 周介铭. 基于GIS和空间自相关模型的耕地空间分布格局及变化特征分析: 以成都市龙泉驿区为例[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(3): 325-334.
- [10] 王莹, 张晓, 焦敏, 等. 基于GIS的辽宁省大豆种植气候区划[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(11): 163-166.
- [11] 唐惠燕. 基于GIS江苏种植结构演变研究(1949-2011)[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [12] 刘光孟, 汪云甲, 王允. 反距离权重插值因子对插值误差影响分析[J]. 中国科技论文在线, 2010, 5(11): 879-884.
- [13] 马轩龙, 李春娥, 陈全功. 基于GIS的气象要素空间插值方法研究[J]. 草业科学, 2008, 25(11): 13-19.
- [14] CHANG Kangtsung. Introduction to geographic information systems[M]. 8th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

(上接第41页)

用研究是新技术的驱动,可以说,研发实力依靠基础研究、应用研究的支撑。山东省要着重优化R&D资源在基础研究、应用研究和试验发展中的分配比例,加大R&D活动经费和人员用于基础研究和应用研究的投入强度,充分发挥企业的研发主体地位,联合科研机构、高等学校,保持科技发展的强劲后劲。

(5) 实现区域优势互补,协调地区间的平衡。山东省R&D科技人员投入分布不均衡,17地市之间存在较大差距,这与区域经济发展不平衡有着直接的关系。山东省要统筹规划,不同区域采取不同的创新战略,实现区域优势互补,应当加强区域间合作,按照“促强扶弱带中间”的原则,促进区域科技创新的均衡发展,进一步缩小地区差距^[8]。要加大鲁西南等地区R&D科技人员培养力度,重点培养高层次R&D科技人员,加强人才载体建设,鼓励和支持经济欠发达地区的企业、高等院校和科研机构创办更多的博士后科研流动站、工作站、工程技术研究中心、重点实验室、企业技术中心、软件园、留学生创业园等科

技平台。提供优惠政策和灵活的用人机制,激励R&D科技人员的短期流动,协调地区间的平衡。

参考文献

- [1] 霍明, 胡继连, 赵伟, 等. 山东省R&D投入对区域技术效率的影响作用研究: 基于17地市面板数据的实证分析[J]. 华东经济管理, 2015, 29(9): 22-29.
- [2] 王新红, 李世婷, 押榕. 中国R&D投入及其内部结构的比较研究[J]. 科技管理研究, 2017, 37(16): 29-37.
- [3] 马琳. 中国研发投入及其产出效率省际比较研究[D]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [4] 接民, 李晓青. 山东省区域R&D投入水平差异聚类分析[J]. 价值工程, 2010(29): 14-15.
- [5] 张立新, 崔丽杰. 基于非整秩次WRSR的市域科技人才生态环境评价研究: 以山东省17地市为例[J]. 科技管理研究, 2016, 36(2): 83-87.
- [6] 陈志斌, 施建军. 区域R&D活动统计分析与促进经济发展对策研究[J]. 统计研究, 2003(2): 16-20.
- [7] 张静, 秦庆武, 王汉斌. 山东省十七地市区域竞争力评估与分析[J]. 东岳论丛, 2011, 32(12): 100-104.
- [8] 李钊, 李海波, 陈娜. 山东省区域技术创新的评价与对策研究: 基于山东17地市的实证研究[C]//中国科学学与科技政策研究会. 第九届中国科技政策与管理学术年会论文集. 2013: 11.