

喀斯特地区水资源支撑能力的图论聚类分析——以广西百色市为例

陈思源¹, 陆丹丹^{1*}, 田巍¹, 程海梅²

(1. 广西财经学院工商管理学院, 广西南宁 530003; 2. 广西财经学院图书馆, 广西南宁 530003)

摘要 [目的]以广西百色市所属县区为典型研究样区,利用投影寻踪评价法对研究区水资源支撑能力进行综合评价。[方法]采用二维图论聚类算法,以区域水资源支撑能力和区域社会经济发展能力为分类对象,探讨我国典型喀斯特地区水资源对社会经济发展的支撑能力,构建区域水资源支撑能力的图论聚类分析模型,定量表达区域水资源支撑社会经济发展能力的空间聚类。[结果]百色市水资源对社会经济发展的支撑能力可以分为右江河谷澄碧河以下地区、澄碧河流域地区、非右江流域县区。通过投影寻踪评价的降维和二维图论聚类分析对区域空间关系的考虑,2种方法的综合运用可以得到相互补充和有机结合。[结论]二维图论聚类能较好地反映水资源对社会经济发展的支撑能力和空间相关性,其结果将有助于决策者制定区域水资源规划和发展战略。

关键词 水资源;支撑能力;空间聚类;投影寻踪评价;喀斯特地区

中图分类号 P641.8 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)13-0075-05

A Graph Theory Cluster Analysis on Water Resources Support Capacity in Karst Area—An Example of Baise City in Guangxi Province

CHEN Si-yuan, LU Dan-dan, TIAN Wei et al (School of Business Management, Guangxi University of Finance and Economic, Nanning, Guangxi 530003)

Abstract [Objective] Taking the counties in Baise City of Guangxi as a typical research area, a comprehensive evaluation of water resources support capacity in the study area was conducted using the projection pursuit evaluation method. [Method] A two-dimensional graph clustering algorithm was used to classify the regional water resources support capacity and regional socio-economic development capacity. This study explored the support capabilities of water resources in the typical Karst regions in China for social and economic development, and built a map of regional water resources support capabilities. The class-analysis model quantitatively expressed the spatial clustering of regional water resources supporting social and economic development capabilities. [Result] The supporting capacity of water resources in Baise City for social and economic development could be divided into areas below the Chengbi River in the Youjiang Valley, the Chengbi River Basin and non-Youjiang River Basin counties. By considering the dimensionality reduction of the projection pursuit evaluation and the two-dimensional graph theory cluster analysis on the regional spatial relationship, the comprehensive application of the two methods could be complemented and organically combined. [Conclusion] The two-dimensional graph theory clustering can better reflect the supporting capacity and spatial correlation of water resources for social and economic development, and the results will help decision makers formulate regional water resources planning and development strategies.

Key words Water resources; Supporting capacity; Spatial clustering; Projection pursuit evaluation; Karst area

水资源是影响区域社会经济发展的战略性自然资源。我国西南喀斯特地区由于生态环境的脆弱性加之社会经济活动高速发展,尤其是2009、2010、2011年南方五省(区)喀斯特地区持续长久的旱情,水资源出现严重危机,供需矛盾凸显并引发了一系列社会问题。在以水资源为主要制约条件的喀斯特地区,提高水资源利用程度或改变水资源利用方式,探究水资源的资源本底及其与社会经济发展的相互关系,不仅关系到喀斯特地区经济社会的进步,也是关系喀斯特地区可持续发展的基础科学问题。

水资源支撑能力研究始于20世纪90年代,是资源稀缺理论在水资源研究领域的具体运用。水资源对社会经济发展的支撑能力可理解为“在当前技术水平下,一个地区水资源对区域发展总体目标的支撑限度”^[1]。水资源对社会经济发展的支撑能力既是水资源及其利用方式的内在反映,也是区域社会经济条件下水资源供需状况的外在反映。关于水资源支撑能力问题研究,国内外相关学者已进行了大量研究。李九一等^[2]构建了水资源支撑指数(WSPI),定量表征水资源条件对区域社会经济发展的支撑能力;左其亭等^[3]采

用发展指标与水资源的协调度计算方法,计算水资源承载指数;邵金花等^[4]对烟台市所包括的13个县区的水资源支撑能力进行了分析和评价;汪党猷等^[5]对我国各区域发展的水资源支撑能力进行了分析和判断;丁文荣^[6]对云南城镇水资源的支撑能力进行了分析。上述研究中没有将区域之间的联系,特别是水资源之间的空间关系纳入一个体系,其结果往往有失偏颇。笔者采用投影寻踪评价区域水资源的支撑能力,并运用空间聚类分析对百色市进行实证研究,其结果将有助于科学决策和水资源政策的制定。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 百色市位于广西壮族自治区西部(104°28'~107°54'E, 22°51'~25°07'N),东西长约320 km,南北宽约230 km,总面积3.625 2万km²,与云南省文山州相接。百色市喀斯特石山占30.0%,土山占65.4%,山地总面积占比95.0%以上,平原丘陵面积占比不到5.0%,属典型喀斯特地区。境内地表河流分属珠江流域和红河流域,其中属于珠江流域的水系主要包括右江干流及其上游的南盘江^[7];属红河流域水系主要为南流经越南注入北部湾的百都河水系。多年平均水资源总量为182.4亿m³,辖12个县(市、区),2016年总人口417.17万。

1.2 数据获取及处理 研究数据来自2006—2016年的《广西统计年鉴》《广西水资源公报》《广西水利统计年鉴》《广西水土公报》《百色市统计年鉴》,社会经济发展数据采

基金项目 国家自然科学基金项目(41461110,71463002)。

作者简介 陈思源(1972—),男,安徽无为人,教授,博士,从事资源与环境管理研究。*通讯作者,副教授,博士,从事旅游管理研究。

收稿日期 2018-02-07

用2016年数据,水资源数据采用2011—2016年加总平均处理,即对6年的人均地表水资源等指标采用汇总平均方式处理,部分缺失数据采用外推法获得。在对数据分析前,先对初始数据变量进行无量纲标准化处理。数据处理系统采用SPSS 19.0和DPS 16.2,地图数据处理软件采用Mapinfo 12.0。

1.3 建模 采用投影寻踪评价和两维图论聚类算法对区域水资源承载能力进行空间聚类分析。投影寻踪(project pursuit, PP)是一种用于多维或者高维数据的综合评价方法,其基本思路是利用降维方法将高维数据通过极小化投影指标降维到低维子空间,并反映原始高维数据特征的投影,从而达到评价的目的^[8]。投影寻踪评价省去了人为干扰因素,评价结果具有精确性高、稳健性好、抗干扰性强的特点^[9]。设 $x(i, j), i=1, \dots, n; j=1, \dots, p$ 。n、p分别为样本数和评价指标个数; $x_{\max}(j)$ 与 $x_{\min}(j)$ 分别为样本 $x(i, j)$ 中第j个评价指标的最大值和最小值^[10]。构造目标函数 $Q(a)$,把p维数据 $x(i, j), j=1, \dots, p$,综合成为投影方向 $a=(a(1), a(2), \dots, a(p))$ 的一维投影值 $z(i)$ 中^[11-12]。构造投影指标函数: $Q(a) = S_z D_z$,其中 S_z 和 D_z 分别为投影值 $z(i)$ 的标准差和局部密度^[11-12]。

喀斯特地区水资源对社会经济发展支撑能力分析从结果上看其实也是一种分类过程^[13]。水资源对社会经济发展支撑能力的空间聚类中,一般的聚类方法难以满足评价空间上连通性同时兼顾行政区划的完整性^[14],因此需要引入图论算法加以解决,该方法也被称为两维图论聚类分析^[8]。考虑到在水资源支撑能力中的资源环境等的限制,其单位时间的水资源对社会经济发展的支撑能力呈先增后减的趋势,设 $f(U)$ 为需要计算的空间区域(有n个分区单元 $V_i, i=1, 2, \dots, n$), $f(U)$ 的空间聚类过程就是求一个分割集合 $\{U_i, i=1, 2, \dots, j\}$,其中m为待分区的数量,分割集合 $\{U_i, j=1, 2, \dots, m\}$ 满足 $V_i \subseteq V_j$,连通性 $\zeta(V_i, V_j) = 1, d(V_i, V_j)$ 定义为一个 V_i 和 V_j 之间的关联度量, $\max\{d(V_i, V_j) | V_i, V_j \subseteq V_i\} < A, A$ 为一常数(内部一致性)。构造函数 $G=(V, E)$,其中V表示点的集合,E表示边的集合^[15]。函数G是确定空间中点与点之间连接线的集合。分区内的加权连通网络G可表示为: $G=(V, E, D)$,其中V是各个分区的单元集合,E是分区单元的邻接关系集合,D是分区单元各点之间的连接权值^[7]。构造分区中单元间的邻接关系矩阵|D|,则考虑空间相互关系的聚类分析转变为对函数 $G=(V, E, D)$ 求合理割集,根据区内分异小、区间分异大的原则,对函数 $G=(V, E, D)$ 采用图论最小树算法,计算得到最小生成树,通过选择适当的内部一致性值,将函数 $G=(V, E, D)$ 分割成j个子树,即将研究区域分成j个基于空间相关的聚类分区。投影寻踪分析与图论算法结合思路如图1所示。

1.4 评价指标与数据处理

1.4.1 评价因子选择 已有研究表明,构建喀斯特地区社会经济发展能力评价指标体系,应紧密结合喀斯特地区社会经济发展能力的内涵。喀斯特地区社会经济发展能力涉及

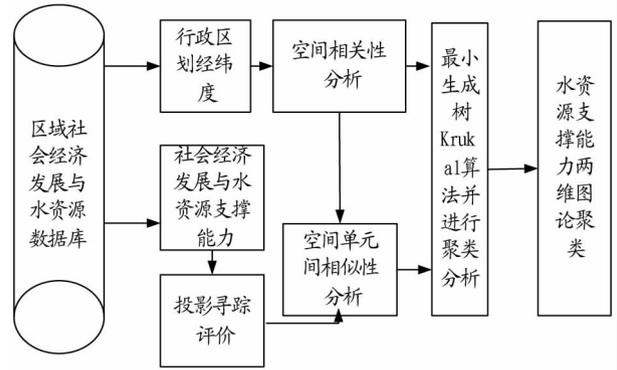


图1 投影寻踪分析与图论算法结合思路

Fig. 1 The combination of projection pursuit analysis and graph theory algorithm

经济、生态和环境等多个子系统,而开展水资源支撑研究就是从水资源角度探讨各子系统之间、子系统与整个系统之间的和谐发展程度。具体而言,就是探讨水资源与喀斯特地区社会经济发展能力系统指标的匹配程度及进一步发展的能力。借鉴汪党献等^[5]关于水资源对我国区域发展支撑能力的量化评价方法,构建喀斯特地区社会经济发展能力的支撑能力评价的评价体系。指标设计主要考虑3个原则:①全面性原则。强调评价指标选取具有代表性并且准确可靠。②对比性原则。强调评价方案的设计难易要适中,并考虑数据的可获取性。③系统性原则。遵循以上原则,结合喀斯特地区社会经济发展的基本特征,对影响社会经济发展的水资源要素进行剖析,建立含有17个三级指标的评价指标体系(表1)。社会经济发展类指标,包括人均GDP(X_1)、GDP增长率(X_2)、城镇化率(X_3)、森林覆盖率(X_4)、工业产值占GDP比重(X_5)等13个指标;水资源指标,包括人均地表水资源(Y_1)、人均地下水资源(Y_2)、人均其他水资源(Y_3)、城镇污水处理率(Y_4)。

2 结果与分析

投影寻踪法评价的特点是利用投影指标函数对数据进行降维到低维子空间,揭示数据变量的内在联系。投影寻踪法评价不需要设置评价的权重系数,也不需要专家打分。在对数据分析前,考虑到评价指标的数学量纲不一样,在统计分析软件SPSS 19.0支持下先对初始数据进行无量纲处理,得到无量纲数据,见表2。其中的 X_1 、 X_2 、 Y_1 、 Y_2 分别表示人均GDP、GDP增长率、森林覆盖率、人均地表水资源、人均地下水资源等。

确定投影寻踪法评价算法的相关参数。分别计算X和X的投影方向评价价值。其中城乡恩格尔系数为低优指标,其他指标确定为高优指标,投影寻踪评价的参数结果确定如表3所示。

计算各个因子的最佳投影方向,其中, X_1 最佳投影方向为0.172 2, X_2 最佳投影方向为0.109 3, Y_1 最佳投影方向为0.247 4, Y_2 最佳投影方向为0.236 1,其他投影方向不再赘述。再采用投影寻踪评价分别计算区域社会经济发展水平和水资源综合评价指标值,结果如表4所示。

表 1 喀斯特地区社会经济发展的支撑能力评价指标

Table 1 The evaluation indicators for the ability to support social and economic development in Karst area

目标层 Target layer	系统层 System layer	指标层 Indicator layer	指标属性 Indicator attribute
水资源对社会经济发 展能力支撑系统 Water resources support system for social and economic development capacity	社会经济发展指标(X)	人均 GDP(X_1) // 元	正向
		GDP 增长率(X_2) // %	正向
		城镇化率(X_3) // %	正向
		森林覆盖率(X_4) // %	正向
		工业产值占 GDP 比重(X_5) // %	正向
		第三产业占 GDP 比重(X_6) // %	正向
		居民可支配收入(X_7) // 元/人	正向
		人均财政收入(X_8) // 元	正向
		人均固定资产投资(X_9) // 元	正向
		万人民用汽车拥有量(X_{10}) // 辆	正向
		万人拥有床位数(X_{11}) // 人	正向
		万人拥有教师数(X_{12}) // 人	正向
		城乡恩格尔系数(X_{13})	逆向
水资源指标(Y)	人均地表水资源(Y_1) // m^3	正向	
	人均地下水资源(Y_2) // m^3	正向	
	人均其他水资源(Y_3) // m^3	正向	
	城镇污水处理率(Y_4) // %	正向	

表 2 无量纲数据

Table 2 The dimensionless data

县区 Counties	X_1	X_2	X_n	X_{13}	Y_1	Y_2	Y_n	Y_4
右江区 Youjiang District	0.693 2	1.000 0	—	0.571 4	0.480 5	0.480 5	—	0.571 4
田阳县 Tianyang County	1.000 0	0.630 4	—	0.182 2	0.093 7	0.093 7	—	0.182 2
田东县 Tiandong County	0.227 3	0.420 1	—	0.000 0	0.219 5	0.219 5	—	0.000 0
平果县 Pingguo County	0.681 8	0.770 4	—	0.420 0	0.117 9	0.117 9	—	0.420 0
德保县 Debao County	0.670 5	0.427 8	—	0.544 5	0.151 8	0.151 8	—	0.544 5
那坡县 Napo County	0.000 0	0.370 5	—	0.343 4	0.050 5	0.050 4	—	0.343 4
凌云县 Lingyun County	0.465 9	0.295 4	—	0.546 1	0.000 0	0.000 0	—	0.546 1
乐业县 Leye County	0.431 8	0.375 7	—	0.568 3	0.168 5	0.168 5	—	0.568 3
田林县 Tianlin County	0.863 6	0.250 6	—	0.509 9	1.000 0	1.000 0	—	0.509 9
西林县 Xilin County	0.477 3	0.389 3	—	0.409 2	0.273 2	0.273 2	—	0.409 2
隆林各族自治县 Longlin Autonomous County	0.625 0	0.000 0	—	0.719 6	0.422 9	0.422 9	—	0.719 6
靖西市 Jingxi City	0.659 1	0.346 3	—	1.000 0	0.367 7	0.367 7	—	1.000 0

表 3 投影寻踪法计算的主要过程参数

Table 3 The main process parameters of the projection pursuit method

项目 Project	局部密度控制参数(a) Local density control parameters	目标函数 $Q(a)$ Objective function	投影值标准差 $S(z)$ Standard deviation of projection value	局部密度 $D(z)$ Local density
社会经济发展水平 Social economic development level	0.100	9.195 5	1.884 7	4.879 0
水资源 Water resources	0.100	2.976 5	1.285 9	2.314 7

在 GIS 软件 Mapinfo 12.0 下配准广西行政区划图,提取各个区域的几何中心经纬度坐标作为评价单元的坐标。同时在 DPS 数据处理系统中,将百色市社会经济发展与水资源综合评价的 2 个评价价值,以及几何中心经纬度坐标共计 4 个指标做横向排列,12 个市县评价单元做纵向排列,得到关于百色市社会经济发展和水资源以及经纬坐标组成的二维数据表,采用两维有序样本聚类分析,生成评价指标的空间聚类网络图,再通过 GIS 软件把相互关系叠加到行政区划图数

据层中,得到基于图论的空间聚类分析结果^[14]。结果表明,百色各县市水资源支撑能力由强到弱依次为右江区、靖西市、平果县、田林县、田东县、田阳县、德保县、隆林各族、西林县、乐业县、凌云县、那坡县。百色各县市社会经济发展水平竞争力由强到弱依次为平果县、田阳县、右江区、靖西市、德保县、田东县、田林县、那坡县、隆林各族、凌云县、乐业县、西林县。进一步将社会经济发展水平分别分为强弱和水资源支撑能力强弱地区,按照四分位图示法对百色市各县区水资

源对社会经济发展支撑能力进行四分位分类,得到以下三类区域:第一类区域为社会经济发展水平较强且水资源支撑能力较高区域,包括右江区、靖西市、平果县;第二类区域为社会经济发展水平较弱且水资源支撑能力较强区域,包括德保县、田阳县;第三类区域为社会经济发展水平较弱且水资源支撑能力较弱区域,包括田林县、田东县、隆林县、西林县、乐业县、凌云县、那坡县(图2)。

表4 百色市社会经济发展与水资源综合评价

Table 4 Comprehensive evaluation of social and economic development and water resources in Baise City

县区 Counties	社会经济发展水平评价 Social economic development level	水资源评价 Water resources assessment value
右江区 Youjiang District	1.397 7	1.306 1
田阳县 Tianyang County	1.657 5	0.763 9
田东县 Tiandong County	1.276 3	0.801 6
平果县 Pingguo County	2.170 2	1.117 9
德保县 Debao County	1.392 2	0.641 1
那坡县 Napo County	0.608 1	0.265 3
凌云县 Lingyun County	0.350 2	0.295 3
乐业县 Leye County	0.350 2	0.316 7
田林县 Tianlin County	0.608 1	0.801 6
西林县 Xilin County	0.346 5	0.355 7
隆林各族自治县 Longlin Autonomous County	0.558 7	0.626 9
靖西市 Jingxi City	1.397 7	1.122 0

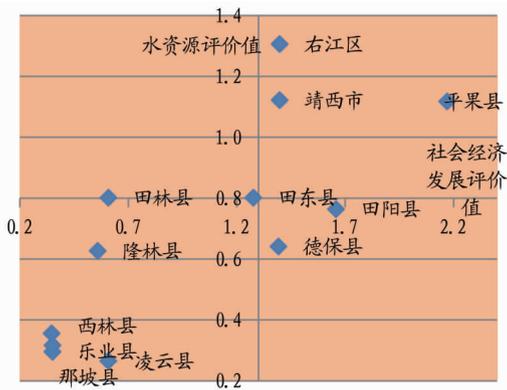


图2 水资源对社会经济发展支撑能力四分位图

Fig.2 The four sub map of the support capacity of water resources for social and economic development

在水资源支撑能力聚类分析中,既要考虑水资源与社会经济相互发展的关系,也需要考虑地理位置、地形地貌和水资源流域特征,单纯的四分位图法不能准确反映水资源流域特征等空间相关性。二维图论聚类分析可以充分考虑片区之间的空间联系,直接相连的县区表示各方面综合条件相似,发现更符合实际的聚类规律,以便于在制定区域社会经济发展和水资源保护利用规划时,从流域和区域角度进行考虑水资源综合区划。根据上述图论分析结果,可以将百色市水资源对社会经济发展的支撑能力分为三类,结果见图3。

第一类,右江河谷澄碧河以下地区,主要包括平果县、田阳县、田东县、德保县、隆林县。地貌类型为喀斯特峰林盆地

和低缓丘陵,河谷地带地势平缓。区域面积10 216 km²,占百色市全区域面积比28%,耕地面积占比46%,土层覆盖厚。主要耕地集中于右江河谷与澄碧河河间谷地,地表水较丰富,地下水资源富集且埋深较浅,水资源优势比较明显,区域社会经济发展比较优越,河谷人口分布密集且工业发展基础较好,需水较多^[16]。该区目前水资源开发利用率为20%~25%。

第二类,澄碧河流域地区,主要包括西林县、凌云县、乐业县、右江区。面积11 396 km²,占百色市全区域面积比32%,耕地面积占比30%。区域水资源优势一般,区域社会经济发展也处于中等水平。地貌组合类型为喀斯特半裸露或覆盖型峰林谷地及峰林盆地。在澄碧河及其支流的河谷地带和盆地内,地表土层覆盖较浅^[17]。喀斯特暗河较为发育,地表河与地下河间杂且相互转化,地下水较为富集,埋深较浅。区域水资源开发利用率中等偏下,为15%~20%。

第三类,非右江流域县区,主要包括西林县、那坡县、靖西市三县区。该区域面积14 590 km²,占百色市全区域面积比40%,耕地面积占比24%,耕地大多间杂在喀斯特峰丛洼地间,且呈零星分布。该区域地下河发育明显,地下水资源占比较大,区域社会经济发展低。地貌类型主要为喀斯特峰丛洼地和漏斗洼地、陡坡^[18]。地表多为封闭洼地且伴有发育程度不同的喀斯特漏斗、落水洞或竖井,因地表岩溶地貌发育程度高,降雨几乎全部通过岩溶孔隙被地表吸收并转入地下暗河,地表水系不发育^[18],地下水埋深可达20 m以上。该区目前水资源开发利用率低,为10%~15%。

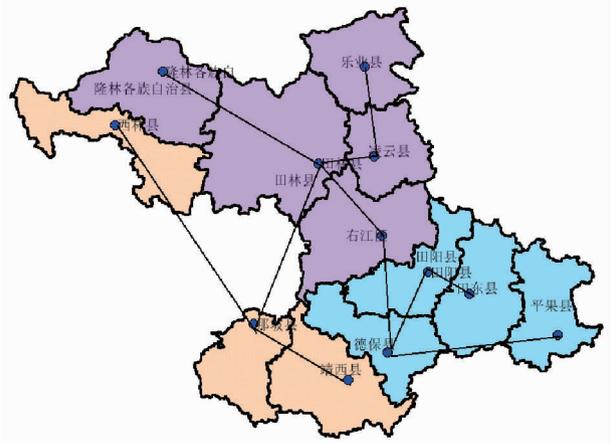


图3 百色市水资源对社会经济发展支撑能力空间聚类

Fig.3 The spatial clustering of water resources for social and economic development support in Baise City

3 结论与讨论

针对喀斯特地区水资源支撑能力评价中指标数据的非正态和非线性特征,应用投影寻踪技术建立相应的评价模型。将多维指标降维成一维指标,由样本数据直接驱动,得到最佳投影方向,解决了一般综合评价方法中权重确定的问题,取得了令人满意的结果。

通过投影寻踪评价的降维和二维图论聚类分析对区域空间关系的考虑,在区域水资源支撑能力评价中可以将2种

方法共同综合使用,投影寻踪评价可以有效地降维并获得综合评价价值,而两维图论聚类则对不同评价单元的地理位置有所考虑,因此这 2 种方法的综合运用可以得到相互补充和有机结合。

鉴于区域水资源支撑是由诸多相互作用的经济元组成的动态演化系统,对其评价具有一定复杂性,特别是综合指标的选取缺少统一标准,评价指标设立的科学性、全面性等问题,有待进一步深入讨论。

参考文献

- [1] 闫业超,孙希华,李平. 水资源对区域社会经济发展的支撑能力研究:以济南市长清区为例[J]. 中国人口·资源与环境,2005,15(1):132-137.
- [2] 李九一,李丽娟. 中国水资源对区域社会经济发展的支撑能力[J]. 地理学报,2012,67(3):410-419.
- [3] 左其亭,韩春辉,马军霞,等. “一带一路”中国大陆区水资源特征及支撑能力研究[J]. 水利学报,2017,48(6):631-639.
- [4] 邵金花,刘贤超. 烟台市经济社会持续发展的水资源支撑能力研究[J]. 中国农村水利水电,2007(8):9-12.
- [5] 汪党献,王浩,马静. 中国区域发展的水资源支撑能力[J]. 水利学报,2000(11):21-26,33.
- [6] 丁文荣. 云南省城镇上山的水资源支撑能力评估与保障措施探讨[J]. 水资源保护,2016,32(3):59-63.

- [7] 史舟,吴宏海,王人潮. 空间分析技术和图论树算法在农业区划中的应用[J]. 中国图象图形学报,2000,5(3):244-248.
- [8] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [9] 罗伯特 S·平狄克,丹尼尔 L·鲁宾费尔德. 计量经济模型与经济预测[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
- [10] 孔彦龙,吴春勇. 距离函数模型在新立城水库水质评价中的应用[J]. 东北水利水电,2007(10):61-62.
- [11] 陈思源. 高新技术产业竞争力的动态演化研究:以福建省为例[J]. 长江论坛,2011(3):49-52.
- [12] 陈思源,田巍. 农村公共产品供给能力评价与演化研究:以广西为例[J]. 安徽农业科学,2014,42(36):13083-13084,13086.
- [13] 陈苏. 区域旅游产业集群形成机理及发展对策研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2011.
- [14] 罗罡辉,吴次芳,徐保根. 土地整理优先度评价方法及其应用研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2004,30(3):347-352.
- [15] 刘宪圣,吕晓,王国祥. 山东省绿色经济发展的空间聚类分析[J]. 曲阜师范大学学报(自然科学版),2014,40(4):84-90.
- [16] 李大军,杨先寿,苏维词,等. 西南岩溶山区生态用水及其分配协调性评价:以贵州普定后寨地下河流域为例[J]. 中国岩溶,2007,26(4):285-290.
- [17] 薛敏. 喀斯特流域生态系统健康评价与管理研究[D]. 贵阳:贵州大学,2009.
- [18] 王腊春,李道元,左平,等. 岩溶山区石漠化治理生态需水量初步研究:以贵州普定后寨河流域为例[J]. 水资源保护,2004(5):10-15,69.

(上接第 46 页)

率提高 3% 左右。

(3) 干播湿出技术对植株生育期几乎没有影响,与大水漫灌条件下基本一致,这说明干播湿出减少了冬灌或春灌的水分没有影响植株生长。

(4) 干播湿出技术对植株产量几乎没有影响,与大水漫灌条件下基本无差别。

3.2 讨论 干播湿出在很多地区,特别是新疆地区已应用于很多作物,如棉花、小麦等。实践证明,干播湿出技术是一项节水、节肥、省工的技术,目前在宁夏应用较少,该试验从理论证明到实践都证明了其科学性,特别是出苗率的提高和播期的提早上有优势,出苗率的提高为高产奠定了良好的基础,而且苗比较均匀一致,玉米最怕大小苗的出现,小苗后期会被大苗压住,很容易形成空秆;播期的提早也是干播湿出的一大优势,宁夏地区和其他地区很容易出现倒春寒、春季气候变化异常等,冬季灌的保墒水在春季很容易被蒸发,往往达不到种子发芽的条件,造成出苗不齐不匀,这项技术非常好地解决了这些问题。但试验中是否可以进一步节水、节工需要更进一步研究。

张吉旺等^[12]、戴明宏等^[13]、刘培利等^[14]、李洁等^[15]认为,适时早播可增加有效积温,延长玉米有效生长期,从而积累较多的干物质,使子粒灌浆期相应延长,利于玉米实现高产。随着播期的提早,所有不同熟期的玉米品种产量均呈上升趋势,该试验提早播期 10 d 左右,但未有效提高产量,因此

还需进一步试验研究。干播湿出单果穗重下降,千粒重上升,这可能与密度、水肥等因素有关,因此怎样调节单果穗重、千粒重平衡是下一步试验重点研究的方向之一。

参考文献

- [1] 宁夏回族自治区人民政府公报. 宁夏黄河水资源县级初始水权分配方案的通知[A]. 银川,2009.
- [2] 国家计委,水利部. 黄河可供水量年度分配及干流水量调度方案[R]. 北京,1998.
- [3] 国家计委,水利部. 黄河水量调度管理办法[R]. 北京,1998.
- [4] 王英兰,银守平. 甜高粱膜下滴灌干播湿出栽培技术[J]. 中国糖料,2015,37(6):56-57.
- [5] 刘秀. 大田滴灌“干播湿出”技术初探[J]. 旱作农业技术,2013(5):7-8.
- [6] 危常州,马富裕,雷咏雯,等. 棉花膜下滴灌根系发育规律的研究[J]. 棉花学报,2002,14(4):209-214.
- [7] 李博,肖芳秀,付东方. 图木舒克棉花干播湿出一播全苗栽培技术研究[J]. 石河子科技,2011(3):52-53.
- [8] 张瑞喜,史吉刚,宋日权,等. 干播湿出对向日葵生长发育及苗期地温的影响[J]. 灌溉排水学报,2015,34(12):71-74.
- [9] 张永玲,王兴鹏,肖让,等. 干播湿出棉田土壤温度及水分对出苗率的影响[J]. 节水灌溉,2013(10):11-13.
- [10] 杨丽兰,曾宁江,陈刚,等. 复播玉米干播湿出滴灌高产栽培技术[J]. 新疆农垦科技,2016,39(8):11-12.
- [11] 李少昆,王振华,高增贵,等. 北方春玉米田间种植手册[M]. 北京:中国农业出版社,2013.
- [12] 张吉旺,董树亭,王空军,等. 大田遮荫对夏玉米光合特性的影响[J]. 作物学报,2007,33(2):216-222.
- [13] 戴明宏,单成钢,王璞. 温光生态效应对春玉米物质生产的影响[J]. 中国农业大学学报,2009,14(3):35-41.
- [14] 刘培利,刘绍隼,东先旺,等. 高产夏玉米与播期关系的研究[J]. 玉米科学,1993,1(1):23-26.
- [15] 李洁,晋凡生,张冬梅,等. 播期对不同熟期玉米品种生育期及产量的影响[J]. 农学报,2016,6(12):1-7.