

# 基于灰色关联分析法的东北地区 主要粮食作物综合效益评价

刘 博<sup>1</sup>,杨晓光<sup>2</sup>,王式功<sup>1</sup>

(1. 兰州大学 大气科学学院,甘肃 兰州 730000;2. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193)

**摘要:**为合理布局作物生产,利用东北地区 71 个站点的气象资料以及年鉴资料,运用灰色关联分析法对东北地区主要粮食作物的综合效益,按产量效益、经济效益和生态效益各项指标进行综合评价。结果表明:吉林省南部和中部平原及辽宁省大部地区最适宜种植玉米;黑龙江省大部地区及辽宁省东南部地区最适宜种植水稻;而大豆适宜种植在东北北部、东部低温或多雨地区。  
**关键词:**东北地区;粮食作物;综合效益;灰色关联分析法  
**中图分类号:**S11<sup>+</sup>9      **文献标识码:**A      **文章编号:**1002-2767(2012)06-0032-05

我国东北地区地处半湿润中温带,雨热同季,是北方农区水资源最为丰富的区域之一,加之该地区土壤肥沃,因此东北地区是我国最重要的商品粮产区。根据国家对未来中国粮食需求的预测和粮食生产规划,东北三省将是我国未来 30 年内最主要的粮食生产后备基地<sup>[1]</sup>。因此,在不同种植结构下,应协调好作物的产量效益、经济效益和生态效益,并对其进行适宜性评价。鉴于此,运用灰色关联分析法计算了东北地区主要种植的玉米、水稻和大豆主要粮食作物的综合效益,并通过综合效益的比较分析,提出各地综合效益最大、适宜性最高的作物,为东北地区作物的合理布局提供参考依据,从而提高作物生产中农业自然资源的利用率,以获得最大的经济效益和生态效益,进而达到高产、高收益和保护生态环境的目的。

## 1 评价指标的建立

依据有关文献<sup>[2-3]</sup>,结合东北地区实际情况以及所能获得的数据,确定 14 个评价因子构成评价指标体系。按其物理意义,这 14 个评价因子可归为产量效益( $I_1$ )、经济效益( $I_2 \sim I_5$ )和生态效益( $I_6 \sim I_{14}$ )三大公共因子(见表 1)。

表 1 东北地区主要作物综合效益评价指标体系  
Table 1 The indicators of comprehensive benefit evaluation for main crops in Northeast China

第一级指标 The first- class indicator	第二级指标 The second- class indicator	第三级指标 The third- class indicator
产量效益 Production benefit	作物气候 生产潜力( $I_1$ )	
经济效益 Economic benefit	总收入( $I_2$ ) 总成本( $I_3$ ) 纯收入( $I_4$ ) 成本盈利率( $I_5$ )	
生态效益 Ecological benefit	光能利用率( $I_6$ ) 热量利用率( $I_7$ ) 水分利用率( $I_8$ ) 能量效益	可更新环境资源( $I_9$ ) 不可更新工业辅助能( $I_{10}$ ) 可更新有机能( $I_{11}$ ) 投入能( $I_{12}$ ) 产出能( $I_{13}$ ) 投入产出比( $I_{14}$ )

## 2 数据来源与运算方法

气象数据源于东北三省地区 71 个站点气象资料,站点分布情况见图 1。经济与生态数据来自于《全国农产品成本收益汇编》<sup>[4]</sup>。运用灰色关联分析法<sup>[5]</sup>对综合效益进行运算分析。

### 2.1 确定对象

选取东北地区 71 个站点作为评价对象,按台站号排列为  $X_1 \sim X_{71}$ 。

收稿日期:2012-04-05  
第一作者简介:刘博(1989-),女,天津市人,硕士,从事应用气象学研究。E-mail:bo898216@qq.com。  
通讯作者:王式功(1955-),男,山东省安丘市人,教授,博士研究生导师,从事极端天气气候、现代天气预报技术和医疗气象学研究。E-mail:wangsg@lzu.edu.cn。

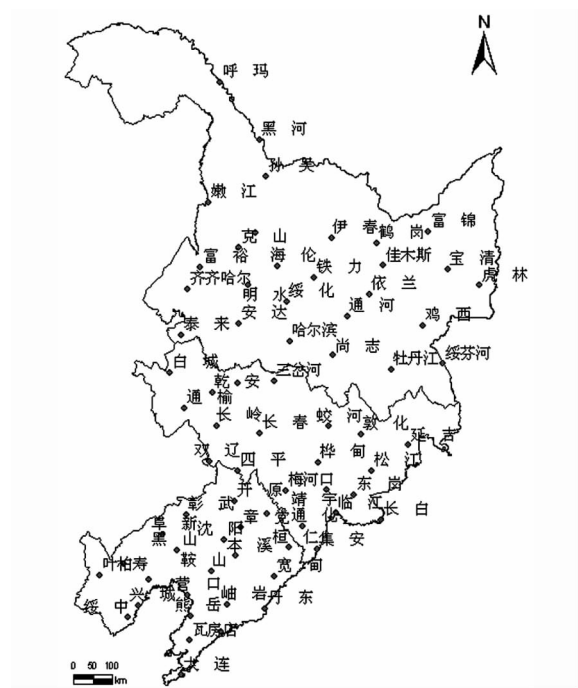


图 1 东北地区气象站分布  
Fig. 1 Location of the weather stations in Northeast China

2.2 确定参比数列

挑选各站点各指标最大值构成参比数列  $X_0$  ( $k$ ), 表示为  $\{X_0(1)\}, \{X_0(2)\}, \dots, \{X_0(n)\} (k=1, 2, \dots, n)$ 。

2.3 确定比较数列

将各站点各指标所构成的数列, 构成比较数

列  $X_i(k)$  ( $i$  为各站点序号), 表示为  $\{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n)\} (k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots, m)$ 。

2.4 无量纲化处理

关联分析前, 由于所得结果量纲不一, 要进行归一化处理, 即将  $X_i(k)$  除以  $X_0(k)$  进行无量纲化处理, 从而得到一个新的数列 (由于数据繁多故不列出)。

2.5 求关联系数

在某一状态  $k=p$  时, 参比数列  $\{X_0(p)\}$  与比较数列为  $\{X_i(p)\}$  的关联系数为:

$$L_i(p) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_i(p) + \rho \Delta_{\max}}$$

(1)

式中,  $\Delta_i(p)$  为  $p$  时刻两比较序列的绝对差, 即  $\Delta_i(p) = X_0(p) - X_i(p) (1 \leq i \leq m)$ ;  $\Delta_{\max}$  和  $\Delta_{\min}$  分别为所有比较序列各个时刻绝对差中的最大值与最小值。 $\rho$  为分辨系数, 其意义是削弱最大绝对差数值太大引起的失真, 提高关联系数之间的差异显著性,  $\rho \in (0, 1)$ , 一般情况下常取 0.5。关联系数的范围为  $0 < L \leq 1$ 。

通过计算机计算得出各项指标的关联系数。

3 结果与分析

根据 71 个站点气象资料和《全国农产品成本收益汇编》可计算得出产量效益、经济效益和生态效益 14 个指标的上限值构成的参比数列 (见表 2)。

表 2 参比数列  
Table 2 Reference sequence

作物 Crops	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>8</sub>	I <sub>9</sub>	I <sub>10</sub>	I <sub>11</sub>	I <sub>12</sub>	I <sub>13</sub>	I <sub>14</sub>
玉米 X <sub>0</sub> Maize X <sub>0</sub>	16280	20665	4843	13997	2.1	1.1	5.3	32.5	8.98E+14	1.28E+15	2.93E+14	1.91E+15	7.00E+11	2.92E-04
水稻 X <sub>0</sub> Rice X <sub>0</sub>	12015	24110	8754	13134	1.5	0.1	3.6	21.4	8.98 E+14	1.63E+15	4.71E+14	2.44E+15	4.51E+11	1.50E-04
大豆 X <sub>0</sub> Soybean X <sub>0</sub>	4568	13115	3970	7797	1.5	0.1	1.5	8.7	8.98 E+14	6.89E+14	3.48E+14	1.54E+15	3.01E+11	1.67E-04

运用灰色关联分析法对综合效益进行运算分析, 计算得出各站点各指标的关联系数。整理总结出部分站点综合效益 (见表 3)。

通过 SPSS 统计进行聚类分析, 可以得到种植玉米综合效益最高的地区是四平、清原、鞍山、沈阳、本溪、章党、绥中、营口、宽甸、丹东、瓦房店、庄河和大连; 种植水稻综合效益最高的地区是沈阳、本溪、章党、集安、营口和丹东; 种植大豆综合效益最高的地区是宽甸和丹东。东北地区主要作

物适宜性分布见图 2。  
由图 2 进行横向比较可以得到, 黑龙江省最适宜种植水稻。辽宁省和吉林省大部分地区则最适宜种植玉米, 同时, 辽宁省东南部地区种植水稻综合效益也很高。

综上可以看出, 黑龙江省大部分地区种植水稻和大豆的综合效益相差不大, 因此这些地区种植大豆和水稻都较为适宜。但近年来水稻种植面积扩大<sup>[5]</sup>, 考虑到经济效益及需求的影响, 故黑龙

表 3 综合效益比较

Table 3 Comparison of comprehensive benefits

站点 Station		产量效益			经济效益			生态效益			加权综合效益		
		Production benefit			Economic benefit			Ecological benefit			Total weight benefit		
		玉米 Maize	水稻 Rice	大豆 Soybean	玉米 Maize	水稻 Rice	大豆 Soybean	玉米 Maize	水稻 Rice	大豆 Soybean	玉米 Maize	水稻 Rice	大豆 Soybean
黑河 Heihe	X <sub>2</sub>	0.41	0.46	0.46	0.53	0.53	0.53	0.62	0.70	0.65	0.50	0.53	0.52
嫩江 Nenjiang	X <sub>3</sub>	0.43	0.46	0.47	0.55	0.53	0.53	0.65	0.69	0.67	0.52	0.53	0.53
齐齐哈尔 Qiqihar	X <sub>8</sub>	0.46	0.46	0.47	0.57	0.52	0.53	0.67	0.71	0.64	0.55	0.53	0.53
伊春 Yichun	X <sub>11</sub>	0.41	0.46	0.47	0.53	0.52	0.53	0.62	0.69	0.64	0.50	0.53	0.53
佳木斯 Jiamusi	X <sub>18</sub>	0.49	0.46	0.49	0.61	0.52	0.54	0.68	0.70	0.64	0.58	0.53	0.54
白城 Baicheng	X <sub>21</sub>	0.58	0.44	0.50	0.49	0.52	0.45	0.63	0.68	0.68	0.55	0.52	0.52
哈尔滨 Harbin	X <sub>24</sub>	0.46	0.46	0.47	0.59	0.52	0.53	0.64	0.68	0.61	0.55	0.53	0.52
虎林 Hulin	X <sub>28</sub>	0.61	0.51	0.57	0.76	0.55	0.60	0.81	0.76	0.71	0.71	0.58	0.61
三岔河 Sanchahe	X <sub>31</sub>	0.79	0.44	0.60	0.61	0.52	0.50	0.78	0.64	0.75	0.72	0.51	0.59
牡丹江 Mudanjiang	X <sub>32</sub>	0.51	0.46	0.49	0.65	0.52	0.54	0.69	0.69	0.61	0.60	0.53	0.53
四平 Siping	X <sub>35</sub>	1.00	0.52	0.71	0.63	0.58	0.50	0.78	0.66	0.73	0.81	0.57	0.63
长春 Changchun	X <sub>36</sub>	0.92	0.45	0.66	0.63	0.53	0.50	0.79	0.62	0.74	0.78	0.52	0.61
蛟河 Jiaohe	X <sub>37</sub>	0.76	0.43	0.67	0.55	0.51	0.50	0.70	0.61	0.75	0.66	0.50	0.62
敦化 Dunhua	X <sub>38</sub>	0.71	0.44	0.59	0.59	0.52	0.50	0.76	0.65	0.76	0.67	0.52	0.59
开原 Kaiyuan	X <sub>41</sub>	0.86	0.81	0.63	0.74	0.65	0.52	0.70	0.73	0.63	0.78	0.73	0.59
清原 Qingyuan	X <sub>42</sub>	0.90	0.77	0.66	0.77	0.59	0.53	0.73	0.68	0.59	0.81	0.68	0.59
梅河口 Meihekou	X <sub>43</sub>	0.89	0.42	0.76	0.55	0.51	0.50	0.70	0.56	0.75	0.71	0.48	0.65
桦甸 Huadian	X <sub>44</sub>	0.81	0.44	0.71	0.52	0.53	0.47	0.66	0.59	0.69	0.66	0.50	0.61
靖宇 Jingyu	X <sub>45</sub>	0.66	0.44	0.55	0.51	0.52	0.42	0.67	0.65	0.65	0.60	0.51	0.52
松江 Songjiang	X <sub>47</sub>	0.72	0.44	0.58	0.61	0.52	0.50	0.78	0.66	0.75	0.69	0.52	0.58
延吉 Yanji	X <sub>48</sub>	0.84	0.44	0.59	0.68	0.52	0.50	0.85	0.65	0.74	0.78	0.51	0.59
朝阳 Zhaoyang	X <sub>49</sub>	0.63	0.64	0.48	0.56	0.54	0.43	0.63	0.67	0.61	0.60	0.61	0.49
锦州 Jinzhou	X <sub>52</sub>	0.82	0.76	0.60	0.71	0.60	0.51	0.69	0.68	0.64	0.75	0.68	0.57
鞍山 Anshan	X <sub>53</sub>	1.00	0.87	0.61	0.86	0.64	0.50	0.72	0.63	0.57	0.89	0.73	0.56
沈阳 Shenyang	X <sub>54</sub>	1.00	0.91	0.70	0.86	0.68	0.58	0.73	0.70	0.65	0.89	0.78	0.64
本溪 Benxi	X <sub>55</sub>	1.00	0.99	0.78	0.86	0.70	0.63	0.70	0.69	0.60	0.89	0.81	0.69
章党 Zhangdang	X <sub>56</sub>	0.98	0.87	0.72	0.84	0.66	0.59	0.74	0.71	0.62	0.87	0.76	0.65

续表 3

站点 Station		产量效益			经济效益			生态效益			加权综合效益		
		Production benefit			Economic benefit			Ecological benefit			Total weight benefit		
		玉米	水稻	大豆	玉米	水稻	大豆	玉米	水稻	大豆	玉米	水稻	大豆
		Maize	Rice	Soybean	Maize	Rice	Soybean	Maize	Rice	Soybean	Maize	Rice	Soybean
通化 Tonghua	X <sub>57</sub>	0.78	0.51	0.67	0.46	0.59	0.41	0.62	0.64	0.61	0.62	0.57	0.55
桓仁 Huanren	X <sub>58</sub>	0.85	0.77	0.61	0.73	0.59	0.49	0.70	0.67	0.54	0.77	0.68	0.55
集安 Ji'an	X <sub>60</sub>	0.94	0.76	1.00	0.47	0.89	0.47	0.60	0.70	0.64	0.68	0.80	0.71
长白 Changbai	X <sub>61</sub>	0.71	0.45	0.49	0.65	0.53	0.45	0.82	0.67	0.69	0.71	0.52	0.51
绥中 Suizhong	X <sub>62</sub>	0.89	0.82	0.65	0.76	0.63	0.55	0.70	0.69	0.65	0.80	0.72	0.61
营口 Yingkou	X <sub>64</sub>	0.97	0.88	0.67	0.83	0.68	0.56	0.73	0.72	0.66	0.87	0.77	0.62
宽甸 Kuandian	X <sub>67</sub>	0.89	0.83	0.91	0.76	0.64	0.77	0.70	0.62	0.69	0.80	0.71	0.81
丹东 Dandong	X <sub>68</sub>	1.00	1.00	1.00	0.87	0.67	0.85	0.68	0.56	0.65	0.88	0.78	0.87
瓦房店 Wafangdian	X <sub>69</sub>	0.89	0.80	0.66	0.76	0.61	0.55	0.70	0.68	0.64	0.80	0.70	0.61
庄河 Zhuanghe	X <sub>70</sub>	0.95	0.82	0.76	0.82	0.60	0.63	0.72	0.62	0.64	0.85	0.69	0.68
大连 Dalian	X <sub>71</sub>	0.76	0.74	0.57	0.66	0.61	0.49	0.66	0.70	0.63	0.70	0.68	0.55

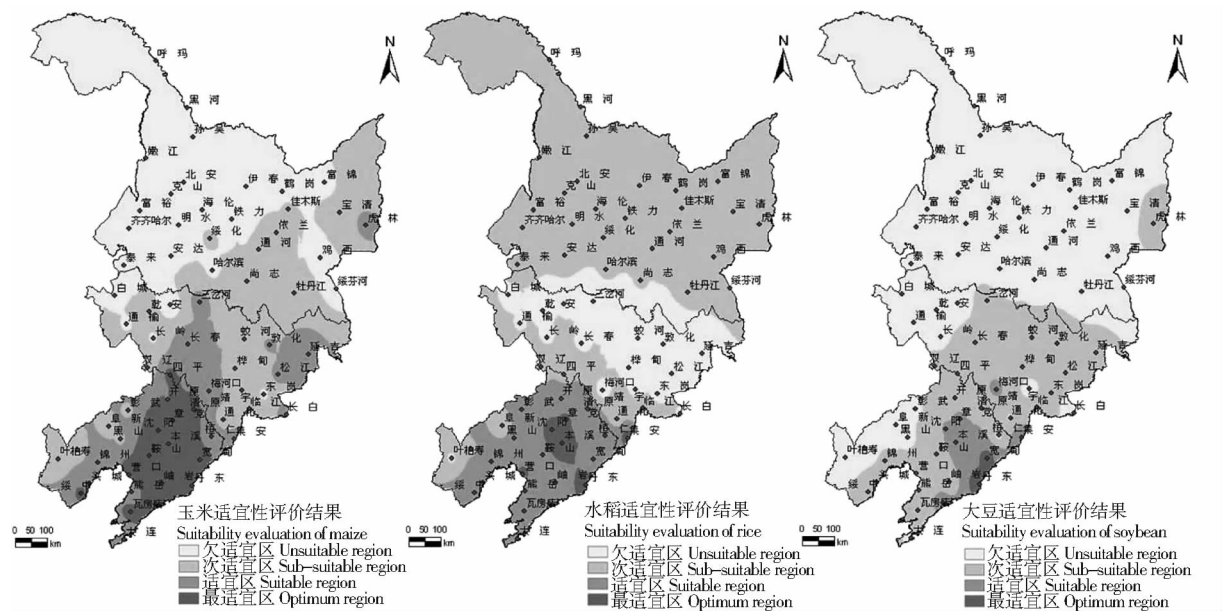


图 2 东北地区主要作物适宜性分布  
Fig. 2 The distribution of suitability of the main crops in Northeast China

江省大部地区种植水稻最为适宜。但其北部和东部地区由于低温无法种植水稻,因此最适宜种植大豆。吉林省的虎林、三岔河和四平等地玉米的综合效益远高于水稻和大豆,因此最适合种植玉米。辽宁省的大部分地区由于其优越的自然条件,玉米和水稻的综合效益远高于大豆,因此该区域种植玉米和水稻都很合适。但由于辽宁省日照时数较黑龙江省短,部分地区种植水稻品质不及黑龙江地区<sup>[6]</sup>,因此农民可根据市场需求的不同选择种植玉米或水稻。

#### 4 结论

根据综合效益分析结果可得出,吉林省南部和中部平原及辽宁省大部分地区最适宜种植玉米,黑龙江省大部分地区及辽宁省东南部地区最适宜种植水稻。而大豆种植在东北北部和东部低

温或多雨地区较为适宜。

#### 参考文献:

- [1] 殷志强,秦小光,李长生. 东北三省主要农作物耗水量与缺水研究[J]. 科技导报,2009,27(13):42-49.
- [2] 黄国勤,刘秀英,刘隆旺,等. 红壤旱地多熟种植系统的综合效益评价[J]. 生态学报,2006,26(8):2532-2539.
- [3] N Nasso, Di Nasso, Bosco S., Di Bene C., et al. Energy efficiency in long-term Mediterranean cropping systems with different management intensities[J]. Energy, 2010, 26(6): 1-7.
- [4] 国家发展与改革委员会价格司. 全国农产品成本收益资料汇编[M]. 北京:中国物价出版社,2007.
- [5] 黄国勤,刘秀英. 红壤旱地几种新型耕作制度综合效益的灰色关联度分析与评价[J]. 中国生态农业学报,2007,15(4): 144-147.
- [6] 于振文. 作物栽培学各论:北方本[M]. 北京:中国农业出版社,2003.

## Evaluation on Comprehensive Benefit of Major Grain Crops in Northeast China Based on Grey Relational Analysis

LIU Bo<sup>1</sup>, YANG Xiao-guang<sup>2</sup>, WANG Shi-gong<sup>1</sup>

(1. Atmospheric Sciences College of University of Lanzhou, Lanzhou, Gansu 730000; 2. Resources and Environmental Sciences College of China Agricultural University, Beijing 100193)

**Abstract:** To rationally distribute crops, using the data of meteorology in 71 meteorological stations in Northeast China and the data of yearbook, based on grey relational analysis method, the comprehensive benefit of major grain crops (maize, rice, soybean) in Northeast China was evaluated from various indexes of productive benefit, economic benefit and ecological benefit. The results showed that south and middle plain of Jilin province and most of Liaoning province were suitable for planting maize, most of Heilongjiang province and southeast of Liaoning province were suitable for rice, north of Northeast China, while soybean was suitable to grow in north and east regions of Northeast China where cold and rainy.

**Key words:** Northeast China; grain crops; comprehensive benefit; grey relational analysis

### 玉米花期不协调的原因及防治

玉米花期不协调是玉米自交系雌穗抽丝期与同株雄穗散粉期不一致或制种的2个亲本雌雄花期不相遇,从而影响授粉和结实,造成空穗或部分结实的现象。

一种原因是由于不良环境(如严重干旱、连续高温等)造成雌雄花期不相遇。一般是雄花提早散粉,导致雌花全部或局部不能授粉,出现空穗或部分结实。另一种原因就是遗传因素,由自交系本身遗传特性决定的。这种情况即使在正常条件下也表现花期不协调。

防治方法为改善玉米田肥水条件,尤其是制种田;加强田间管理,防止干旱、涝淹及脱肥;制种田可将父本分两期或三期播种,也可在边行上增设父本采粉区,以应急需;有条件的可采用人工授粉方法,提高母本结实率。