

## 农业遥感

## 松嫩平原中部农作物空间格局时空变化分析\*

刘克宝<sup>1,3</sup>, 陆忠军<sup>1\*</sup>, 宋茜<sup>2,3</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院遥感技术中心, 哈尔滨 150086; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 3. 农业部农业信息技术重点实验室, 北京 100081)

**摘要:**【目的】在国家“玉米调减”、“粮豆轮作”、“大豆目标价格”等种植结构调整政策背景下, 分析 2011~2016 年松嫩平原中部地区农作物空间格局变化, 为黑龙江省西部地区种植结构调整提供数据参考和科学基础。【方法】选择克山县为研究区域, 利用 2016 年黑龙江省主要农作物一张图、2011 年黑龙江省水稻、玉米本底数据, 采取遥感手段提取 2011 年大豆分布, 生成 2011 和 2016 年作物空间分布图; 选取水稻、玉米、大豆和其他作物为研究对象, 分别对农场和县域进行 5 年内种植结构变化、耕地内部 4 类作物面积转换分析和景观格局指数评价。【结果】①克山县种植结构发生了巨大的改变, 55% 左右的耕地种植作物发生变化, 目前均以玉米、大豆为主, 主要变化方向为大豆改种玉米。②克山县县域总体景观 MPS 变大, CI 减小, 机械化和规模化程度总体提升, AWMSI 降低, 斑块形状更加规则。【结论】①克山县种植结构的发展趋势由相对效益较低的大豆向着相对效益较高的玉米、水稻方向发展, 种植结构由 2011 年的大豆为主要作物, 转变为玉米和大豆为主要种植作物, 且 2016 年玉米种植规模超过大豆, 成为种植规模最大的作物; 水稻受到自然地理条件的制约较大, 面积扩张集中在县域的流域附近。②大豆、玉米和水稻的规模化、机械化和破碎化程度正逐渐趋于一致, 其他作物规模化和机械化程度明显低于 3 种作物, 破碎化程度高于 3 种作物; 大豆、水稻和其他作物分布逐渐离散, 玉米区域集中且优势度明显高于其他 3 种作物。③利用景观格局指数, 可以很好地量化反映作物种植格局空间分布变化情况, 包括规模、空间分布、形状、异质性和相关性情况。

**关键词:** 农作物; 空间格局; 景观格局指数; 时空变化

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20180204

## 0 引言

农作物空间格局是一个地区或生产单位作物种植结构、熟制与种植方式的空间表达<sup>[1-3]</sup>, 其时空分布受自然资源条件和市场经济行为影响, 具有空间集聚性和时序动

收稿日期: 2018-04-15

第一作者简介: 刘克宝 (1981—), 男, 黑龙江佳木斯人, 硕士, 副研究员。研究方向: 农业遥感。Email: lkbrs@163.com

\*通信作者简介: 陆忠军 (1975—), 男, 黑龙江密山人, 硕士, 副研究员。研究方向: 农业遥感。Email: lszyj@126.com

\*资助项目: 农业部农业科研杰出人才基金和农业部农业信息技术重点实验室 2016 年开放课题 (2016009), 2017 年地理国情监测服务生态文明建设

2018年4月

态性等特征。随着2014年财政部《关于大豆目标价格补贴的指导意见》，2015年农业部《农业部关于“镰刀弯”地区玉米结构调整的指导意见》，2016年《全国种植业结构调整规划（2016—2020年）》等一系列种植结构调整政策的实施，黑龙江省成为全国农作物种植结构调整的重要省份之一，及时有效获取黑龙江农作物种植结构及时空变化信息具有重要的科学和实际意义<sup>[4-7]</sup>，可为作物产量估测、种植结构调整优化提供科学依据<sup>[8-10]</sup>。

农作物空间格局及其时空动态变化研究是目前地理学和生态学的热点问题<sup>[11]</sup>。刘珍环等<sup>[4]</sup>利用县级农业统计数据，综合运用时序变化趋势、空间集聚分析等方法，从种植结构类型和种植比例变化趋势分析了1980年以来中国县域种植结构的时空特征。夏天等<sup>[12]</sup>基于CLUE-S土地利用变化模型，提出适用于我国农作物空间格局动态变化模拟模型（CROPS, Crop Pattern Simulator）架构，实现区域尺度土地利用变化与农作物空间格局变化的双层动态模拟，并在东北三省进行了区域应用。谭杰扬<sup>[13]</sup>、刘珍环<sup>[14]</sup>等利用作物空间分配模型（SPAM-China）模拟东北三省作物时空分布特征。王红营<sup>[15]</sup>等基于时序NDVI数据对该地主要作物进行遥感分类，并基于TM/ETM数据提取蔬菜、水稻等作物分布，揭示2000—2013年华北平原主要作物种植区域时空变化及其影响因素。黄青<sup>[16]</sup>等基于MODIS-NDVI数据，提取东北地区主要作物（水稻、玉米、大豆）的种植结构，利用景观格局指数方法分析农作物格局动态变化特征和变化规律。程良晓<sup>[17]</sup>等基于HJ数据，利用NDVI识别玉米、油菜、大麦和小麦4类农作物，分析2012—2014年主要农作物种植结构变化。上述研究多从数量、类型、空间、幅度等方面分析农作物种植结构时空变化，土地景观格局指数较少应用到分析研究中。景观格局指某种景观分类下的空间分布和组合特征<sup>[18-20]</sup>。景观指数是用来描述个别斑块、某种类别的斑块，或者整个景观的空间结构的定量指标，可以量化表征景观要素的空间组成和结构特征，用于研究不同土地利用类型的组成和结构对生物多样性和生境的影响等<sup>[21]</sup>。通过对景观指数量化分析可以揭示农业土地利用格局的结构组成与空间分布等特征，了解和掌握农业土地利用中存在的问题及人类活动对耕地的干扰程度<sup>[18, 22-23]</sup>。然而，目前景观格局指数部分用于耕地细碎化<sup>[24]</sup>和耕地格局<sup>[25]</sup>分析，针对耕地内部作物种植结构的变化特征分析研究仍较少，没有系统的用景观指数分析作物时空变化特征。

基于此，该研究以黑龙江松嫩平原的克山县为研究对象，采取数理统计和GIS空间分析方法，深入分析耕地内部面积转换，并综合利用景观格局指数分析2011—2016年黑龙江省西部地区耕地内作物（水稻、玉米、大豆、其他作物）空间格局时空变化规律。

## 1 研究区域与方法

### 1.1 研究区域与数据

该研究选择黑龙江省克山县为研究区域。克山县位于松嫩平原的中北部，县域位于三四积温带交界处，处于“镰刀湾”地区，是国家进行玉米调减、种植结构和农业供给

侧调整的重点地区，掌握其种植变化，分析人类活动对耕地内部种植结构的干扰程度，对于西部地区的种植结构调整具有积极的指导意义。克山县地理坐标为 47°50′51″N~48°33′47″N，125°10′57″E~126°8′18″E，地处小兴安岭南麓与松嫩平原的过渡地带，北部、中部为丘陵漫岗区，地形起伏变化大，南部是冲积平原，地势平坦，全县地势东北高西南低，丘陵漫岗地占 80%，平原区占 14%，洼地占 6%<sup>[26]</sup>，旱田占耕地面积的 98%左右，是全国重点商品粮基地县，大豆和马铃薯基地县<sup>[27]</sup>。

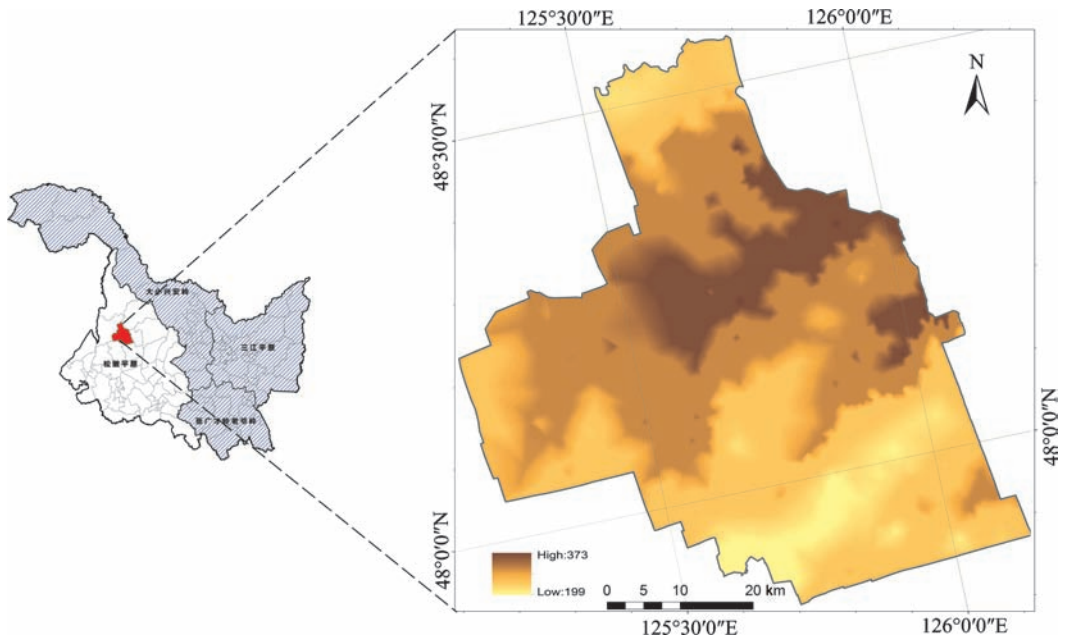


图 1 克山县地理位置

Fig.1 Geographical position of Keshan Country

行政界线采用 2012 年全国 1:100 万分县行政界线；2012 年黑龙江省农场界限；2011 年黑龙江省水稻、玉米种植面积本底调查，其成果为使用 TM5 (30m) 数据，采用人工目视解译的方式获得水稻、玉米空间分布，采用计算机自动分类辅助人工的方式提取大豆空间分布；2016 年黑龙江省主要农作物“一张图”，其成果中耕地使用 TM8 (15m) 数据，采用人工目视解译的方式获得，水稻、玉米和大豆空间分布使用 TM8 (30m) 数据，采用计算机自动分类辅助人工的方式提取。

### 1.2 分析方法

该文运用数理统计和 GIS 空间分析等方法，利用景观格局指数分别从规模、分布状况、异质性、形状特征和连接性 5 个方面分析 2011—2016 年克山县农作物（水稻、玉米、大豆及其他作物）种植结构时空变化特征，以及作物之间的相互转换。

景观指数可以从结构组成和空间分布特征方面来有效反映景观格局的信息。目前，景观指数的种类繁多，指数之间有较强的相关性，但信息重复率较大，因此，为了反映景观整体特征，避免信息冗余，研究选择的指数包括选取的景观格局指数如下<sup>[16, 18, 28-29]</sup>。

2018年4月

表 1 景观指数

Table 1 Landscape index

指数类型	景观指数 (单位)	计算公式	指标说明
规模	斑块比例 LAND% (%)	$LAND = \sum_{i=1}^n a_{ij} \times 100/A$	0<LAND ≤ 100, 等于某一斑块类型的总面积占景观总体面积的百分比。是确定景观中模地 (Matrix) 或优势景观元素的依据之一, 其值越大, 说明此种斑块覆盖丰富
规模	最大斑块指数 LPI (%)	$LPI = Max_{i=1}^n a_{ij} \times 100/A$	0<LAND ≤ 100, 等于某一斑块类型中的最大斑块占据整个景观面积的比例。能够反映斑块的集中程度和景观的优势类型, 其值的变化可以改变干扰的强度和频率, 反映人类活动的方向和强弱
分布状况	斑块密度 PD (#/100hm <sup>2</sup> )	$PD = \sum_{i=1}^n N_j/A$	PD>0, 等于单位面积上某种类型斑块的个数。能够反映斑块的密集程度
分布状况	平均最近距离 MNN (m)	$MNN = \sum_{i=1}^n h_{ij}/n_i$	一般来说 MNN 值大, 反映出同类型斑块间相隔距离远, 分布较离散; 反之, 说明同类型斑块间相距近, 呈团聚分布
异质性	斑块平均大小 MPS (hm <sup>2</sup> )	$MPS = \sum_{i=1}^n a_{ij}/n_i$	MPS>0, 等于某一斑块类型的总面积除以该类型的斑块数目, 是反映景观异质性的关键。随平均斑块面积不断缩小, 农业机械费用、劳动力成本等都会增加; 相反平均斑块面积不断变大, 说明机械化程度和规模化程度不断提高
异质性	景观破碎度指数 CI (#/hm <sup>2</sup> )	$CI = n/a_i$	表征景观被分割的破碎程度, 反映景观空间结构的复杂性, 在一定程度上反映了人类对景观的干扰程度
形状特征	面积加权的平均 形状因子 AWMSI	$AWMSI = \sum_{i=1}^n \left  0.25P_{ij}/\sqrt{a_{ij}} \right  \left  a_{ij}/\sum_{i=1}^n a_{ij} \right $	AWMSI>=1 等于各斑块类型的平均形状因子乘以类型斑块面积占景观面积的权重之后的和。当 AWMSI 值增大时说明斑块形状变得更复杂, 更不规则
连接性	散布与并列指数 IJI (%)	$IJI = \sum_{k=1}^m \left  e_{ik}/\sum_{k=1}^m e_{ik} \right  \ln \left  e_{ik}/\sum_{k=1}^m e_{ik} \right  \times 100/\ln(m-1)$	代表各个斑块类型间的总体散布与并列状况, 能够度量斑块间的连接性和分布格局。IJI 取值小时表明该斑块类型仅与少数几种其它类型相邻接; IJI=100 表明各斑块间相邻的边长是均等的, 即各斑块间的比邻概率是均等的

(1) 作物类型变化幅度 (crop type change range) ΔS。表示某种作物在一段时期内的面积变化比例。

$$\Delta S = \frac{S(i, t_2) - S(i, t_1)}{S(i, t_1)} \times 100\% \quad (1)$$

式 (1) 中,  $S_{(i, t_1)}$  和  $S_{(i, t_2)}$  分别为研究初期  $t_1$  和末期  $t_2$  某一作物类型  $i$  的面积。

(2) 作物类型动态度 (crop dynamic degree)  $K$ , 表示某一类作物的年变化率。

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式 (2) 中,  $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究初期及末期某作物类型的面积;  $T$  为研究时长 ( $a$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 农作物空间分布数据精度评价

根据 2011 年和 2016 年《黑龙江省县(市)农村经济社会统计概要》<sup>[30-31]</sup>, 克山县耕地面积 5 年间没有变化, 故两期耕地分布数据均使用 2016 年克山县纯耕地空间分布。统一将作物空间分布和纯耕地数据转换为分辨率为 30m 的栅格数据, 并进行空间叠加, 生成 2011 和 2016 年农作物空间分布图 (图 2)。两期精度验证均使用全省数据精度, 其中纯耕地提取精度使用 BIGMAP (3.3) 数据进行同区域比较, 面积提取精度为 98.41%; 作物提取精度使用野外验证点进行评价, 其中 2011 年水稻、玉米和大豆的制图精度为 98.30%、90.21%、89.59%, 2016 年水稻、玉米和大豆的定性精度为 96.03%, 88.14% 和 82.81%。

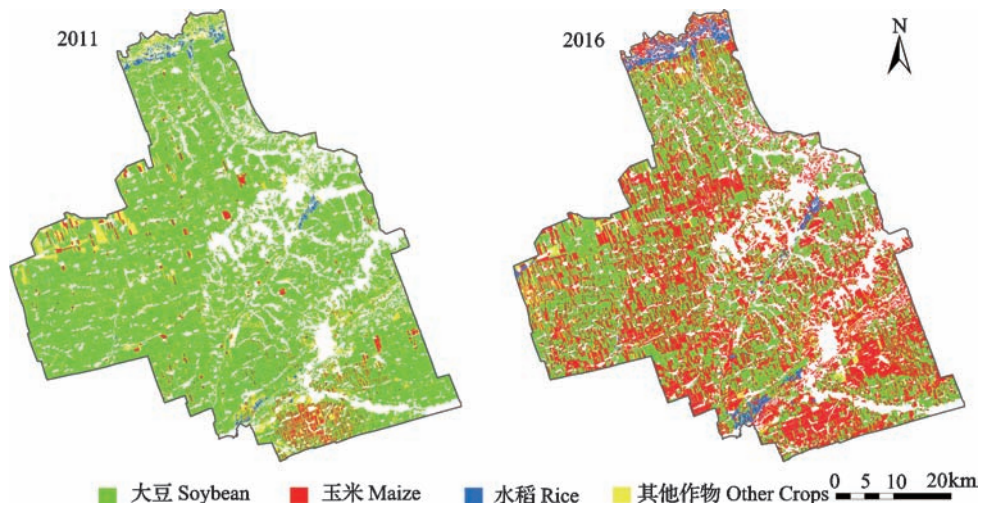


图 2 2011、2016 年克山县作物空间分布

Fig.2 Spatial distribution of crops in Keshan in 2011 and 2016

### 2.2 农作物面积与空间格局变化特征

根据图 3 (a) 显示: 2011—2016 年, 克山县大豆总体呈现减少趋势, 其中西北部克山农场和县域南部大豆面积略有增加; 图 3 (b) 显示: 玉米总体增加明显; 图 3 (c) 显示: 水稻总体增加明显, 且呈现区域性, 主要增加区域为县域北部讷谟尔河流域和南部的乌裕尔河流域; 图 3 (d) 显示: 其他作物面积变化呈现区域性, 即北部和西部面积增加明显, 西北部和南部减少明显。

2018年4月

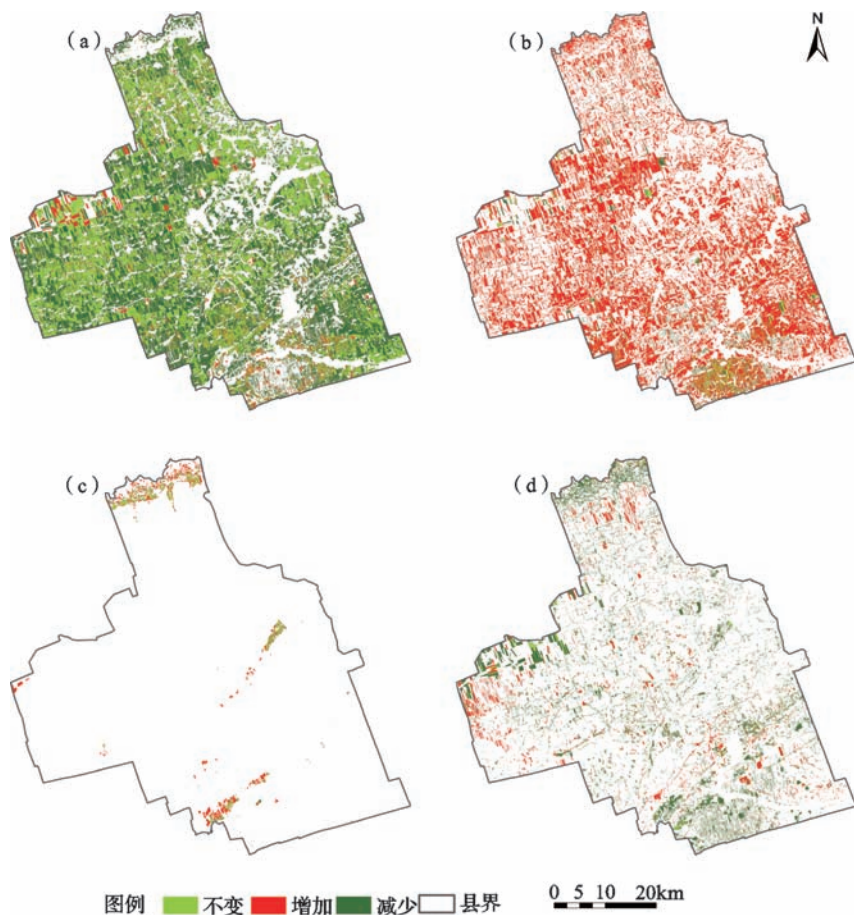


图3 2011—2016年克山县作物空间变化: a 大豆, b 玉米, c 水稻, d 其他作物

Fig.3 Spatial distribution of crops changes in keshan from 2011 to 2016

( a: Soybean, b: Maize, c: Rice, d: Other Crops )

从表2可以看出,5年间克山县,作物种植面积总体呈现两增两减的趋势,即玉米、水稻种植面积增加,大豆和其他作物减少。其中,大豆面积增加和减少的面积分别为10 161.87hm<sup>2</sup>和99 190.83hm<sup>2</sup>,面积净减少89 028.96hm<sup>2</sup>,变化幅度为减少45.71%,动态度为-9.14%;玉米面积增加和减少的面积分别为105 517.41hm<sup>2</sup>和4 471.23hm<sup>2</sup>,面积净增加101 046.18hm<sup>2</sup>,变化幅度为增加953.74%,动态度为190.76%;水稻面积增加和减少的面积分别为2 978.82hm<sup>2</sup>和440.1hm<sup>2</sup>,面积净增加2 538.72hm<sup>2</sup>,变化幅度为增加110.16%,动态度为22.03%;其他作物面积增加和减少的面积分别为9 019.92hm<sup>2</sup>和23 581.59hm<sup>2</sup>,面积净减少14 561.67hm<sup>2</sup>,变化幅度为减少54.30%,动态度为-10.86%。5年间,作物种植变化区域面积占县域耕地面积的54.45%。玉米、水稻增加,大豆和其他作物减少是作物面积变化的主要方向,其中,玉米增加区域占县域耕地面积的43.09%,变化区域的82.64%;水稻增加区域占县域耕地面积的1.27%,变化区域的2.33%;大豆减少区域占县域耕地面积的37.97%,变化区域的77.68%;其他作物减少区域占县域耕地面积的10.06%,变化区域的18.47%。

表 2 克山县 2011—2016 年农作物变化对比表  
Table 2 Comparison on crops area variation in keshan from 2011 to 2016

作物	不变区域 ( $\text{hm}^2$ )	增加区域 ( $\text{hm}^2$ )	减少区域 ( $\text{hm}^2$ )	净变化面积 ( $\text{hm}^2$ )	变化幅度 $\Delta S$ (%)	动态度 $K$ (%)
大豆	95 596.53	10 161.87	99 190.83	-89 028.96	-45.71	-9.14
玉米	6 123.51	105 523.14	4 471.23	101 051.91	953.79	190.76
水稻	1 864.44	2 978.82	440.1	2 538.72	110.16	22.03
其他作物	3 234.12	9 019.92	23 581.59	-14 561.67	-54.3	-10.86

### 2.3 农作物类型转移特征

从图 4 可以看出, 种植类型变化主要表现为以下几个方面: 大豆改种玉米变化区域主要分布在县域中部和南部; 大豆改种其他作物主要分布在县域西部和北部; 其他作物改种玉米区域主要分布在县域西北部克山农场和南部区域。叠加分析 2011 和 2016 年克山县作物空间分布数据, 生成耕地内部作物面积转换矩阵 (表 3)。通过耕地内部作物面积转换矩阵, 更加直观地描述 2011—2016 年克山县内 4 类作物的作物面积转换情况。结果显示: 5 年间, 克山县种植作物变化区域占县域耕地面积的 54.46%, 变化区域中: 大豆改种玉米占变化图斑的 70.01%; 其他作物改种玉米占 12.37%; 大豆改种其他作物占 6.71%; 其他作物改种大豆占 4.81%; 玉米改种大豆占 3.11%; 其他作物改种水稻, 大豆改种水稻, 玉米改种其他作物, 水稻改种玉米, 玉米改种水稻, 水稻改种大豆, 水稻改种其他作物合计占 2.73%。不变区域占县域耕地面积的 45.54%, 不变区域中: 大豆不变区域占未变化图斑的 89.49%, 其他作物不变区域占 3.03%, 水稻不变区域占 1.75%, 玉米不变区域占 6.12%。

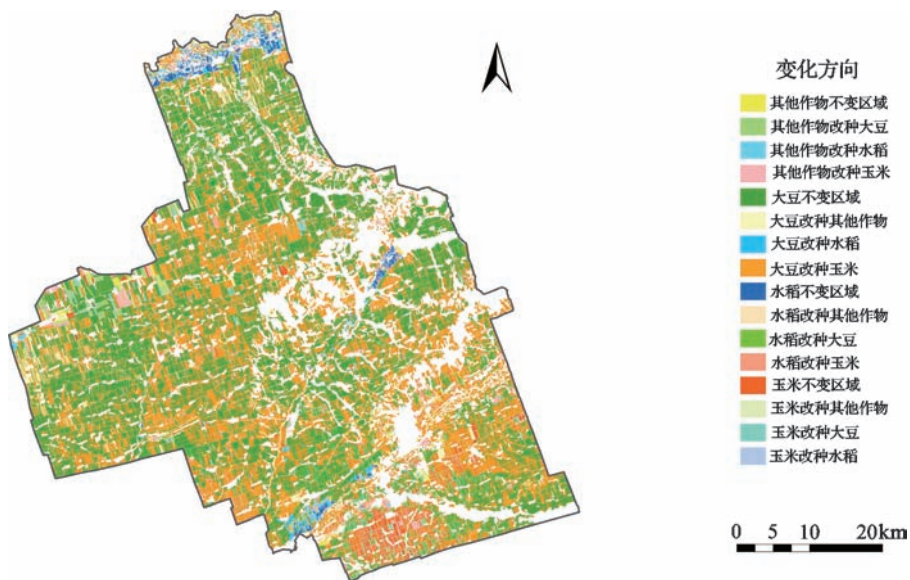


图 4 2011—2016 年作物种植转换方向  
Fig.4 Change direction of crops from 2011 to 2016

2018年4月

表3 耕地内部作物面积转移矩阵

Table 3 Crop area transition matrix in arable land (hm<sup>2</sup>)

2011 \ 2016	大豆	玉米	水稻	其他作物
大豆	95 596.53	3 971.13	46.35	15 799.2
玉米	89 415.69	6 123.51	350.46	6 138.84
水稻	1 250.58	86.85	1 864.44	1 642.5
其他作物	8 563.8	413.19	43.2	3 234.12

2.4 农作物种植格局景观指数变化特征

5年间,克山县县域总体景观 MPS 变大, CI 减小,机械化和规模化程度总体提升, AWMSI 降低,斑块形状更加规则。其中大豆斑块比例 (LAND%) 降低明显,由 83.06 降低到 45.10,种植规模缩减近 1 半; LPI 降低,优势度降低; PD 增加, MPS 降低,规模化程度降低; MNN 和 CI 变大,分布逐渐离散,且破碎度增大; AWMSI 指数减小,斑块形状更加规则; IJI 指数降低,与其他类型作物的连接性降低。

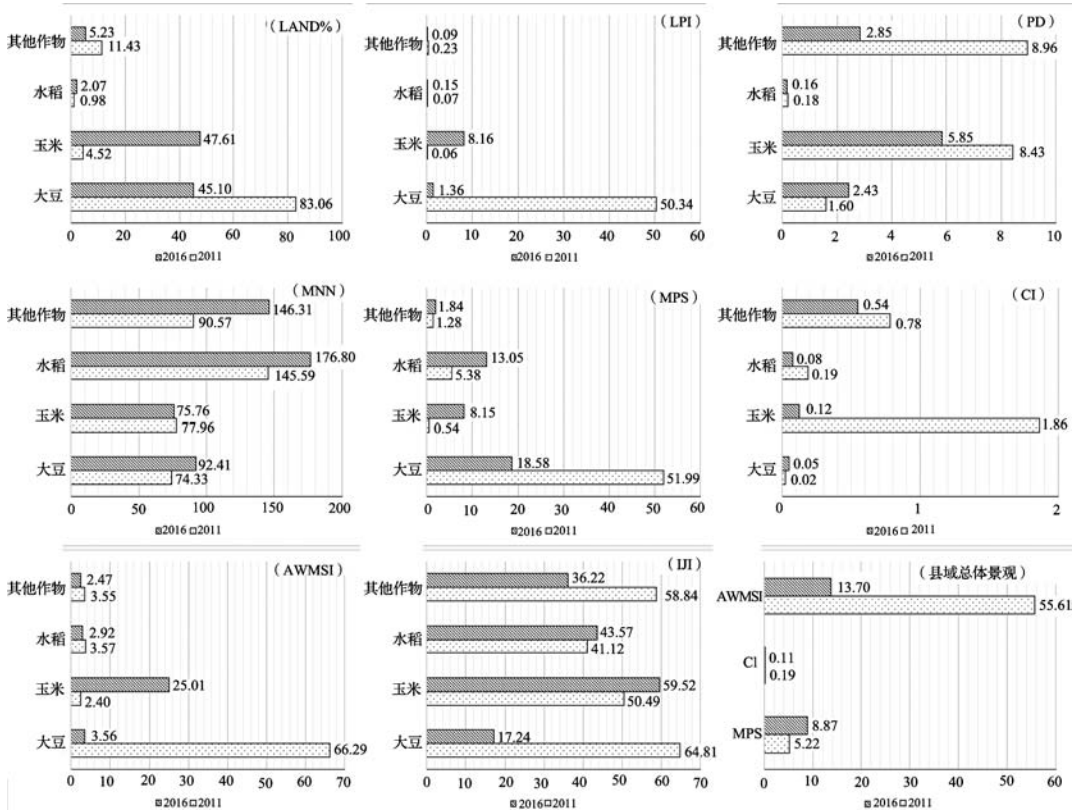


图5 景观指数对比

Fig.5 Comparison of landscape index

玉米斑块比例 (LAND%) 增加明显,由 4.52 增加到 47.61,种植规模较 2011 年扩大近 10 倍; LPI 增大,景观优势度增加; PD 降低, MPS 升高,规模化程度提高; MNN 和 CI 降低,分布逐渐集中,且破碎度降低; AWMSI 指数升高,斑块形状更加不规则; IJI 指数



变大，与其他类型作物的连接性升高。

水稻斑块比例 (LAND%) 增加明显，由 0.98 增加到 2.07，种植规模较 2011 年扩大 2 倍多；LPI 增大，景观优势度增加；PD 降低，MPS 升高，规模化程度提高；MNN 变大，分布逐渐离散，CI 降低，破碎度降低；AWMSI 指数减小，斑块形状更加规则；IJI 指数变大，与其他类型作物的连接性升高。

其他作物斑块比例 (LAND%) 降低明显，由 5.23 降低到 11.43，种植规模缩减 1 半；LPI 降低，优势度降低；PD 增加，MPS 升高，规模化程度升高；MNN 变大，分布逐渐离散，CI 降低，破碎度降低；AWMSI 指数减小，斑块形状更加规则；IJI 指数降低，与其他类型作物的连接性降低。

### 3 结论

(1) 克山县种植结构的发展趋势由相对效益较低的大豆向着相对效益较高的玉米、水稻方向发展，且玉米以平均每年 2 倍的动态度增加，水稻平均每年以 20% 以上的动态度增加，大豆和其他作物每年以 10% 左右的动态度减少；种植结构由 2011 年的大豆为主要作物，转变为玉米和大豆为主要种植作物，且 2016 年玉米种植规模超过大豆，成为种植规模最大的作物；水稻受到自然地理条件的制约较大，面积扩张集中在县域的流域附近。

(2) 大豆、玉米和水稻的规模化、机械化程度和破碎化正逐渐趋于一致，其他作物规模化和机械化程度明显低于 3 种作物，破碎化程度高于 3 种作物；大豆、水稻和其他作物分布逐渐离散，玉米区域集中且优势度明显高于其他 3 种作物。

(3) 利用景观格局指数，可以很好地量化反映作物种植格局空间分布变化情况，包括规模、空间分布、形状、异质性和相关性情况。

### 4 讨论

研究表明，Fragstats4.2 软件计算景观指数基于栅格数据，很好地解决了由于分辨率问题，造成的条带种植（细碎图斑）的斑块数量的统计问题，但是当作物集中连片种植时，MPS 值增大，斑块数量减小，AWMSI 变大，线状地物（道路、沟渠、林带等）对 AWMSI 的作用减小。该研究中由于只是使用 4 种作物分类，使得 IJI 指数与 MPS 呈现正相关，即平均斑块面积 (MPS) 越大，与该类斑块相接的其他类型作物斑块越多，对描述斑块类型间的总体散布与并列状况产生一定影响。目前缺少评价农作物种植结构的机械化程度、规模化程度景观指标体系。例如玉米的平均面积从  $51.99\text{hm}^2$  降低到  $18.58\text{hm}^2$ ，不能解释为机械化和规模化程度降低了 64.26%，只是种植的方式发生了变化，导致了规模化程度有所降低。

#### 参考文献

- [1] 吴文斌, 杨鹏, 李正国, 等. 农作物空间格局变化研究进展评述. 中国农业资源与区划, 2014, 35 (1): 12~20.
- [2] 张莉, 吴文斌, 杨鹏, 等. 黑龙江省宾县农作物格局时空变化特征分析. 中国农业科学, 2013, 46 (15): 3227~3237.

2018年4月

- [3] 余强毅, 吴文斌, 陈羊阳, 等. 农作物空间格局变化模拟模型的 MATLAB 实现及应用. 农业工程学报, 2014, 30(12): 105~114.
- [4] 刘珍环, 杨鹏, 吴文斌, 等. 近 30 年中国农作物种植结构时空变化分析. 地理学报, 2016, 71(5): 840~851.
- [5] 梁书民. 中国农业种植结构及演化的空间分布和原因分析. 中国农业资源与区划, 2006, 27(2): 29~34.
- [6] 夏天, 吴文斌, 周清波, 等. 基于地理回归的农作物播种面积统计数据空间化方法. 自然资源学报, 2016, 31(10): 1773~1782.
- [7] 胡琼, 吴文斌, 宋茜, 等. 农作物种植结构遥感提取研究进展. 中国农业科学, 2015, 48(10): 1900~1914.
- [8] Ozdogan M. The spatial distribution of crop types from MODIS data: temporal unmixing using independent component analysis. *Remote Sensing of Environment*, 2010, 114(6): 1190~1204.
- [9] 马丽, 顾晓鹤, 徐新刚, 等. 地块数据支持下的玉米种植面积遥感测量方法. 农业工程学报, 2009, 25(8): 147~151.
- [10] Wardlow B D, Egbert S L, Kastens J H. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the US. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*, 2007, 108(3): 290~310.
- [11] Verburg P H, Mertz O, Erb K, et al. Land system change and food security: towards multi scale land system solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(5): 494~502.
- [12] 夏天, 吴文斌, 余强毅, 等. 农作物空间格局动态变化模拟模型 (CROPS) 构建. 中国农业资源与区划, 2014, 35(1): 44~51.
- [13] 谭杰扬, 李正国, 杨鹏等. 基于作物空间分配模型的东北三省春玉米时空分布特征. 地理学报, 2014, 69(3): 353~364.
- [14] 刘珍环, 唐鹏钦, 范玲玲, 等. 1980—2010 年东北地区种植结构时空变化特征. 中国农业科学, 2016, 49(21): 4107~4119.
- [15] 王红营, 潘学鹏, 罗建美, 等. 基于遥感的华北平原农作物时空分布变化特征分析. 中国生态农业学报, 2015, 23(9): 1199~1209.
- [16] 黄青, 唐华俊, 吴文斌, 等. 农作物分布格局动态变化的遥感监测——以东北三省为例. 中国农业科学, 2013, 46(13): 2668~2676.
- [17] 程良晓, 江涛, 谈明洪, 等. 基于 NDVI 时间序列影像的张掖市农作物种植结构提取. 地理信息世界, 2016, 26(4): 37~44.
- [18] 薛春璐, 郭琳, 胡华浪, 等. 农地确权成果在耕地景观格局分析中的应用. 农业工程学报, 2016, 32(20): 242~249.
- [19] 张利利, 余济云, 李锐, 等. 1998—2010 年五指山市土地利用景观格局变化分析. 西北林学院学报, 2016, 31(1): 221~225.
- [20] 陈颀, 林毅伟, 朱志鹏, 等. 基于 RS 和 GIS 的莆田市土地利用景观格局变化分析. 西北林学院学报, 2017, 32(1): 279~286.
- [21] 谢舞丹, 吴健生. 土地利用与景观格局对 PM2.5 浓度的影响——以深圳市为例. 北京大学学报(自然科学版), 2017, 53(1): 160~170.
- [22] 钱凤魁, 董婷婷, 王秋兵. 低山丘陵区不同坡度级耕地景观格局特征分析. 沈阳农业大学学报, 2013, 44(6): 766~770.
- [23] 李鑫, 欧名豪, 马贤磊. 基于景观指数的细碎化对耕地利用效率影响研究——以扬州市里下河区域为例. 自然资源学报, 2011, 26(10): 1758~1767.
- [24] 王道骏, 陈英, 贾首杰, 等. 基于景观格局指数的耕地细碎化研究——以甘肃省临夏北塬地区为例. 中国农学通报, 2014, 30(32): 184~188.
- [25] 王成, 袁敏, 魏朝富, 等. 浅丘带坝区不同坡度下耕地景观格局分析. 生态学杂志, 2007, 26(9): 1424~1431.
- [26] 黑龙江省地图册 / 哈尔滨地图出版社编制. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2015.1.
- [27] 亢晋霞, 张顶, 李东明, 等. 克山县近 30 年旱涝灾害分析. 黑龙江农业科学, 2012(12): 27~29.
- [28] 何鹏, 张会儒. 常用景观指数的因子分析和筛选方法研究. 林业科学研究, 2009, 22(4): 470~474.
- [29] 陈蓁蓁, 宋戈, 周浩, 等. 松嫩高平原土地利用变化分析及趋势模拟——以黑龙江省巴彦县为例. 土壤通报, 2017, 48(1): 61~69.
- [30] 黑龙江省统计局. 黑龙江县(市)农村经济社会统计概要 2011.
- [31] 黑龙江省统计局. 黑龙江县(市)农村经济社会统计概要 2016.

## Temporal and spatial variation analysis of crop spatial pattern in middle Songnen plain

Liu Kebao<sup>1, 3</sup>, Lu Zhongjun<sup>1\*</sup>, Song Qian<sup>2, 3</sup>

( 1. Remote Sensing Technique Center of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Haerbin 150086, China;

2. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 10081, China;

3. Key Laboratory of Agri-Informatics, Ministry of Agriculture, P.R.China, Beijing 100081, China )

**Abstract:** [ **Purpose** ] The change of crop spatial pattern in the middle of Songnen Plain during 2011 and 2016 was analyzed under the background of the adjustment policy of “maize reduction”, “grain bean rotation” and “soybean target price”, which provided data reference and scientific basis for the adjustment of planting structure in the western region of Heilongjiang province. [ **Method** ] Taking Keshan County as the study area, using the data of “A map of the main crops” in Heilongjiang Province in 2016 and the background data of rice and maize in Heilongjiang Province in 2011, the study extracted the soybean distribution of 2011 by remote sensing and generated crop spatial distribution of 2011 and 2016. Taking rice, maize, soybean and other crops as the research objects, the change of cropping structure, the conversion of 4 types of crop area and the change of landscape pattern index in 5 years were analyzed. [ **Result** ] ① Great changes have taken place in the planting structure in Keshan County, and about 55% of cultivated land crops have changed. At present, maize and soybean are the main types of crops, and the main direction of change is switching soybean to maize. ② The overall landscape MPS in Keshan County increased, CI decreased, the degree of mechanization and scale increased, AWMSI decreased, and the shapes of patches were more regular. [ **Conclusion** ] ① The development trend of cropping structure in Keshan County is developing from soybean with relatively low benefit to maize and rice with relatively high relative benefit. The planting structure is transformed from soybean in 2011 to maize and soybean as the main crop. In 2016, the area of maize is more than soybean and becomes the largest crop. Rice is restricted by natural and geographical conditions, and the area expansion is concentrated near the watershed of the county. ② The scale, mechanization and fragmentation of soybean, maize and rice are gradually becoming the same, the scale and mechanization of other crops are obviously lower than that of 3 crops, the degree of fragmentation is higher than that of 3 crops, and the distribution of soybean, rice and other crops is gradually dispersed, maize tends to concentrate, and its dominance is obviously higher than that of the other 3 crops. ③ The landscape pattern index can be used to quantify the spatial distribution of crop planting patterns, including scale, spatial distribution, shape, heterogeneity and correlation.

**Key words:** crops; spatial pattern; landscape pattern index; temporal and spatial variation