

引用格式: 武晋雯, 孙龙或, 纪瑞鹏, 等. 辽宁水稻气候适宜度日尺度评价研究[J]. 资源科学, 2017, 39(8): 1605–1613. [Wu J W, Sun L Y, Ji R P, et al. Intraday evaluation modeling of climatic suitability for rice in Liaoning Province[J]. *Resources Science*, 2017, 39(8): 1605–1613.] DOI: 10.18402/resci.2017.08.16

辽宁水稻气候适宜度日尺度评价研究

武晋雯¹, 孙龙或², 纪瑞鹏¹, 冯 锐¹, 于文颖¹, 张玉书¹

(1. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110166; 2. 沈阳市气象局, 沈阳 110168)

摘 要: 时间尺度的选择是水稻与气候关系研究中的关键环节。为评价中短时灾害情景下的水稻气候适宜性, 本文以辽宁省1961–2010年逐日气温、日照时数为影响因子, 结合气候产量采用通径分析方法确定各因子权重, 进而构建水稻气候适宜度日尺度模型及不同气候区的适宜度等级评价指标。通过与旬尺度模型对比, 阐明不同时间尺度模型在中短时灾害天气影响下的气候适宜度状况。结果表明: ①气候适宜度日尺度评价模型能够反映水稻生长的气候条件及其对生长发育的影响, 水稻营养生长阶段的气候适宜度与株高的相关系数(R)为0.722 ($P < 0.01$); 生殖生长阶段的气候适宜度与水稻产量的相关系数(R)为0.669 ($P < 0.01$); ②根据气候适宜度评价指标确定水稻气候适宜度等级, 揭示在突发洪涝灾害的情况下, 日尺度比旬尺度模型更能诠释水稻生长的气候适宜度状况。

关键词: 水稻; 气候适宜度; 评价模型; 日尺度; 辽宁省

DOI: 10.18402/resci.2017.08.16

1 引言

水稻是中国最重要的口粮作物, 全国60%以上人口以稻米为主食^[1,2]。近年来, 随着人民生活水平的提高, “面食改米食”、“籼米改粳米”的饮食习惯也悄然地改变, 由于粳米的优势产区少、消费区域广、国际贸易量小, 粳米的供给难度正逐步加大。在水稻种植面积进一步受限的大背景下, 如何促进水稻生长发育、调整种植结构、确保稳产高产对于保障粮食安全具有重要的意义^[1,3], 研究水稻气候适宜性可以降低水稻生产风险, 合理规划生产布局, 有效评估水稻对气候变化的响应, 为农业的稳定和可持续发展提供有效依据。

目前水稻气候适宜性研究在影响因子和时间尺度上存在很大差异, 黄淑娥、俞芬、赖纯佳等综合温度、降水、日照三因子采用不同统计方法建立双季稻旬尺度气候适宜度模型, 研究了气候适宜度分区及生长季、年季变化趋势^[4-6]; 张建军等综合三因

子建立单季稻旬、发育期、全生育期尺度气候适宜度评价指标^[7]; 段居琦等选取积温、持续日数、年降水、湿润指数等9种影响因子, 结合最大熵模型和ArcGIS的空间分析功能, 从年尺度分析中国单季稻种植区的气候适宜性^[8,9]; 赵峰、Shimono H则运用大气环流模型模拟气候对粮食生产的影响, 认为同一地区不同模式的气候适宜性估算结果差异较大^[10,11]。由于作物生长影响因子的多样性及相互关系的复杂性, 各因子的选取及其关系的表述较难, 故气候适宜性研究成果较少^[10], 尤其针对粳米种植区的研究更是凤毛麟角; 况且现有水稻气候适宜度的研究都是基于旬以上时间尺度的平均态, 此研究方法存在气候条件适宜, 水稻产量却出现大幅下降, 气候适宜性评价与实际不符的现象, 所以关键发育期中短时灾害天气对水稻产量的影响也至关重要, 因此迫切需要研究日尺度的气候适宜性。

本文基于已有研究成果, 结合灌溉水稻种植制

收稿日期: 2017-03-02; 修订日期: 2017-06-16

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研项目(2015IAE-CMA04); 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306036); 国家自然科学基金项目(41405109)。

作者简介: 武晋雯, 女, 辽宁葫芦岛人, 硕士, 副研究员, 主要从事农业气象领域的遥感研究。E-mail: pipi824@126.com

通讯作者: 张玉书, E-mail: yushuzhang@126.com

度,筛选温度、日照两个主导因子,引入气候产量概念,分不同气候区构建水稻气候适宜度日尺度模型。根据1961-2010年50年逐日气候适宜度研究结果,建立气候适宜度不同等级评价指标,准确评价水稻整个发育进程气候适宜度状况;通过与旬尺度模型对比,揭示日尺度模型更能诠释中短时灾害情景下的气候适宜度状况,为水稻生长的气候条件诊断以及粮食生产安全提供依据。

2 研究区概况、数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

考虑自然地理环境和农业生态经济条件的相对一致性以及结合目前辽宁地理区划以市县为基本单元的特点,将辽宁划分为辽东、辽西、辽南、辽北、辽中5个气候区^[12],每个气候区选取水稻单产最高的2个台站作为气候产量模拟的典型站(图1),用于分析气候产量模拟最优方法进而得到精确的模型参数。分区评价可以排除地理、经济等环境因素,突出气候条件对水稻生长发育的影响。

2.2 数据来源

本文所使用的气象数据及水稻农业观测数据来自辽宁省气象档案馆¹⁾,为保证数据质量,从原始

数据中剔除连续缺测数据,筛选记录全面、数据质量较高的辽宁省50个气象站点1961-2010年逐日气温、日照数据以及辽宁省统计局^[13]1961-2010年(缺1979年、1980年)水稻单产、总产数据用于水稻气候适宜度模型和评价指标的构建,由于2010年以后无分县统计的水稻产量数据,因此评价模型建立以1961-2010年数据为基础;5个水稻农试站点1981-2010年的发育期、株高数据以及1994-2010年1平方米地段产量数据用于模型检验;气象站点分区及水稻关键发育期见表1。

2.3 研究方法

2.3.1 水稻温度适宜度模型

$$\begin{cases} S(t) = \frac{(T - T_1)(T_2 - T)^B}{(T_0 - T_1)(T_2 - T_0)^B} \\ B = (T_2 - T_0)/(T_0 - T_1) \end{cases} \quad (1)$$

式中 $S(t)$ 为逐日温度适宜度; B 为中间参数; T 为日平均气温; T_1 、 T_2 、 T_0 分别为水稻生长发育所需的下限温度、上限温度和适宜温度(即三基点温度)^[14]。当 $T \leq T_1$ 或 $T \geq T_2$ 时,令 $S(t) = 0$, 当 $T = T_0$ 时, $S(t) = 1$, 该公式充分反映了水稻不同生长发育时期对温度条件的要求。

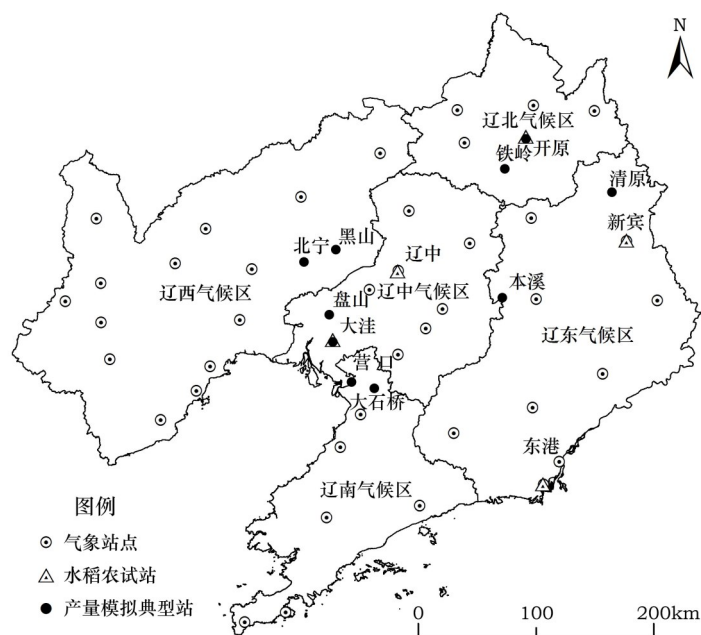


图1 辽宁省气象站点、农试站点分布

Figure 1 Distribution of weather stations and agricultural test stations in Liaoning Province

注:各气候区气象站点分布见表1。

1) 辽宁省气象档案馆. CIMISS 气象数据统一服务接口. <http://10.86.104.30>.

2017年8月

表1 辽宁省气象站点分布及1981-2010年水稻关键发育期发生时间均值

Table 1 Division of meteorological sites in Liaoning Province and mean value of critical growth period of rice from 1981 to 2010 (月/日)

地区	气象站点	播种-移栽期	移栽-拔节期	拔节-抽穗期	抽穗-乳熟期	乳熟-成熟期
辽东	清原、本溪、本溪县、抚顺、新宾、桓仁、岫岩、宽甸、凤城、丹东	4/12-5/27	5/27-7/16	7/16-8/9	8/9-8/24	8/24-9/25
辽西	彰武、阜新县、建平、北票、朝阳、叶柏寿、凌源、喀左、北宁、义县、黑山、锦州、建昌、葫芦岛、绥中、兴城	4/10-5/25	5/25-7/16	7/16-8/8	8/8-8/25	8/25-9/24
辽南	营口、盖州、大石桥、熊岳、瓦房店、庄河、东港、旅顺、大连	4/12-5/27	5/27-7/17	7/17-8/13	8/13-8/29	8/29-9/24
辽北	昌图、康平、法库、铁岭、西丰、开原	4/9-5/24	5/24-7/18	7/18-8/3	8/3-8/22	8/22-9/22
辽中	辽中、新民、台安、盘山、鞍山、沈阳、辽阳、大洼、海城	4/8-5/20	5/20-7/12	7/12-8/5	8/5-8/23	8/23-9/23

2.3.2 水稻日照适宜度模型

$$S(s) = \begin{cases} e^{-[(s-s_0)/b]^2} & s < s_0 \\ 1 & s \geq s_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中 $S(s)$ 为逐日水稻日照适宜度; s 为日照时数; s_0 为日照百分率为70%的日照时数; b 为常数且随发育期的变化而变化^[15,16]。

2.3.3 水稻气候适宜度日尺度模型

辽宁以灌溉水稻为主,灌溉模式人为控制了水稻在发育过程中的需水量和需水规律,因此本文认为水稻气候适宜度的模型研究中水分条件是适宜的。考虑水稻不同发育阶段对光、温条件的需求不同,结合气候产量采用通径分析的方法建立水稻气候适宜度模型^[17],其表达式为:

$$S = 100 \times (aS(t) + bS(s)) \quad (3)$$

$$\text{其中: } \begin{cases} a = \frac{|a_t|}{|a_t + a_s|}, & b = \frac{|a_s|}{|a_t + a_s|} \end{cases} \quad (4)$$

式中 S 为逐日水稻气候适宜度; $S(t)$ 、 $S(s)$ 为逐日温度、日照适宜度; a 、 b 为温度适宜度、日照适宜度的权重系数; a_t 、 a_s 分别为温度适宜度、日照适宜度的通径系数,它反映了各自变量相互独立时对因变量的影响程度,利用 SPSS 回归分析法可获得通径系数,且保证自变量的偏回归系数的显著性小于 0.05。

根据水稻生长发育规律,将水稻划分为5个关键发育期^[15],由于水稻不同发育期对气候条件的需求不同,各气候因子的通径系数也不同(表2),根据公式(4)计算温度、日照适宜度在气候适宜度模型中所占的权重系数,最后得到不同气候区、不同发育期的水稻气候适宜度日尺度模型(表3)。

表2 辽宁省水稻温度和日照适宜度通径系数

Table 2 Path coefficient of temperature and sunshine suitability of rice in Liaoning Province

地区	播种-移栽		移栽-拔节		拔节-抽穗		抽穗-乳熟		乳熟-成熟	
	a_{t_1}	a_{s_1}	a_{t_2}	a_{s_2}	a_{t_3}	a_{s_3}	a_{t_4}	a_{s_4}	a_{t_5}	a_{s_5}
辽东	0.321	0.143	0.207	0.133	0.122	0.184	0.118	0.137	0.183	0.141
辽西	0.266	0.204	0.305	0.129	0.119	0.203	0.154	0.150	0.189	0.135
辽南	0.206	0.145	0.162	0.129	0.146	0.146	0.122	0.126	0.123	0.113
辽北	0.173	0.124	0.152	0.113	0.146	0.145	0.142	0.145	0.309	0.173
辽中	0.196	0.136	0.163	0.143	0.126	0.139	0.119	0.176	0.216	0.154

表3 辽宁省水稻不同发育期气候适宜度模型

Table 3 Climatic suitability model of rice in different growth period in Liaoning Province

地区	播种-移栽	移栽-拔节	拔节-抽穗	抽穗-乳熟	乳熟-成熟
辽东	$S=0.69S(t)+0.31S(s)$	$S=0.61S(t)+0.39S(s)$	$S=0.40S(t)+0.60S(s)$	$S=0.46S(t)+0.54S(s)$	$S=0.56S(t)+0.44S(s)$
辽西	$S=0.57S(t)+0.43S(s)$	$S=0.70S(t)+0.30S(s)$	$S=0.37S(t)+0.63S(s)$	$S=0.51S(t)+0.49S(s)$	$S=0.58S(t)+0.42S(s)$
辽南	$S=0.59S(t)+0.41S(s)$	$S=0.56S(t)+0.44S(s)$	$S=0.50S(t)+0.50S(s)$	$S=0.49S(t)+0.51S(s)$	$S=0.52S(t)+0.48S(s)$
辽北	$S=0.58S(t)+0.42S(s)$	$S=0.57S(t)+0.43S(s)$	$S=0.50S(t)+0.50S(s)$	$S=0.49S(t)+0.51S(s)$	$S=0.64S(t)+0.36S(s)$
辽中	$S=0.59S(t)+0.41S(s)$	$S=0.53S(t)+0.47S(s)$	$S=0.47S(t)+0.52S(s)$	$S=0.40S(t)+0.60S(s)$	$S=0.58S(t)+0.42S(s)$

2.3.4 气候产量计算

在长时间序列的作物产量与气候因子关系的统计研究中,一般把作物的产量分解为趋势产量、气候产量和随机误差3部分。

$$Y_w = Y - Y_t - e \tag{5}$$

式中 Y_w 为气候产量; Y 为实际产量; Y_t 为趋势产量; e 为随机误差,一般情况下,随机误差常忽略不计。

最常用的趋势产量模拟方法有5点滑动平均(MAF)、二次曲线(QCF)和 Logistic(LGS)函数法模拟水稻趋势产量^[18]。本文利用这三种方法模拟趋势产量,进一步计算气候产量。通过以下两个条件检验气候产量的合理性:①趋势产量与实际产量的相关系数越大越好(图2);②不同气候区邻近台站气候产量相关性越大越好(表4)。

由图2可以看出,除黑山外,其他9个台站MAF法模拟趋势产量均好于LGS、QCF法,其中QCF法模拟趋势产量效果最差。1961-2010年辽宁水稻单产数据缺1979年、1980年统计数,气候产量相关性显著检验样本数 $n=48$,显著性水平为0.1和0.01的相关系数临界值分别为0.24和0.37,从5个气候区邻近台站气候产量自相关性(表4)可以看出:辽西、辽北、辽中地区MAF法计算气候产量相关性较好,优于其它方法,辽南地区气候产量QCF法的相关性最好,辽东地区气候产量LGS法的相关性最好。因此本文采取5点滑动平均(MAF)的方法模拟趋势产量。

表4 辽宁省不同气候区邻近台站水稻气候产量的相关系数

Table 4 The correlation coefficient of the climatic yields of rice in adjacent stations of different climatic region of Liaoning Province

模拟方法	辽东	辽西	辽南	辽北	辽中
MAF	0.397 8	0.653 1	0.590 7	0.950 0	0.269 7
QCF	0.411 0	0.533 1	0.739 3	0.935 6	0.078 5
LGS	0.438 8	0.520 6	0.620 1	0.913 0	-0.062 9

3 结果及分析

3.1 气候适宜度日尺度等级评价指标选取

根据本文构建的水稻气候适宜度日尺度模型(表3),计算1961-2010年辽宁各站逐日的水稻气候适宜度,将每个气候区50年的气候适宜度从大到小排序,即 D_1, D_2, \dots, D_{50} ,其中 D 代表区域气候适宜度,下标数字代表从大到小的位置排序,序列中 D_{10} 、

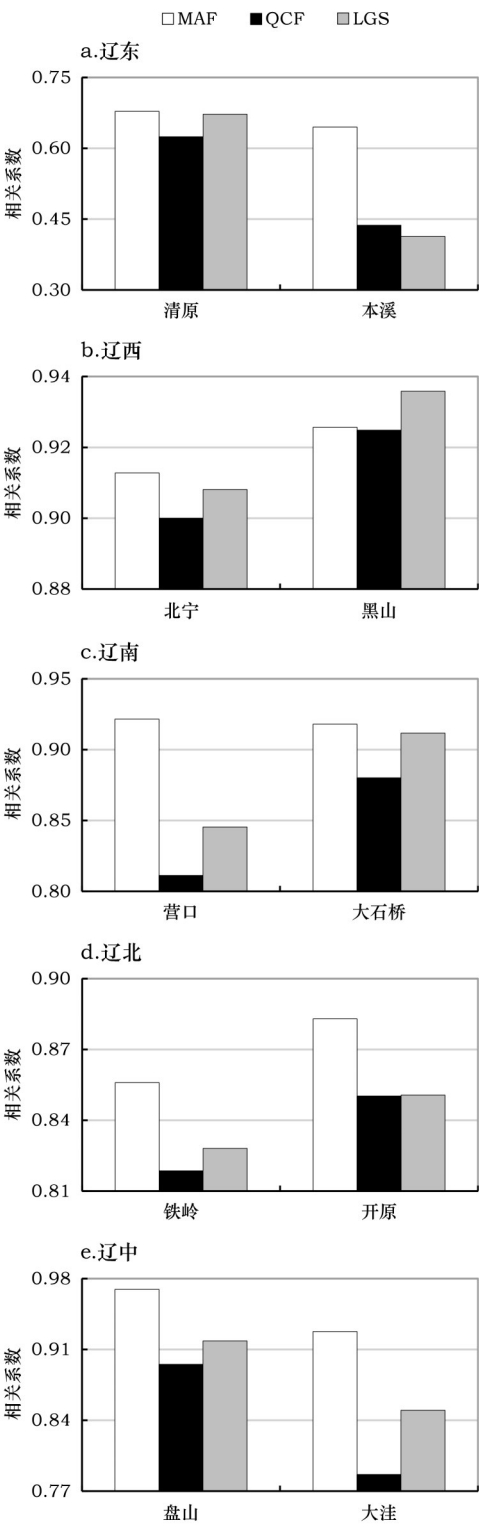


图2 基于三种方法模拟1961-2010年辽宁水稻趋势产量与实际产量的相关性

Figure 2 The correlation between the actual yield and the trend yield of rice in Liaoning Province from 1961 to 2010 based on three simulation methods

2017年8月

D_{40} 对应的适宜度分别作为非常适宜等级下限 S_{10} 和较差等级下限 S_{40} ,适宜等级下限 S_{20} 和一般等级下限 S_{30} 分别由 D_{10} 、 D_{40} 差值三等分得到,而小于 S_{40} 则作为极差等级,从而建立日尺度上的气候适宜度非常适宜、适宜、一般、较差、极差5个等级评价指标^[19](图3)。从图3可以看出,在不同气候区之间,水稻的气候适宜度评价指标大小及变化趋势略有差异。播种期辽东气候适宜度等级评价指标略低;移栽-拔节期辽北、辽中气候适宜度等级评价指标波动较频繁;拔节-抽穗期辽南气候适宜度等级评价指标下降趋势明显;抽穗-乳熟期辽西、辽南“较差”指标均大于40,其他区域略低;乳熟-成熟期辽东、辽北

气候适宜度等级评价指标下降明显。

不同发育期气候适宜度指标的变化趋势不同,播种-移栽期气候适宜度指标呈迅速上升趋势;移栽-拔节期气候适宜度指标虽然有些波动,但总体呈缓慢上升趋势;拔节-抽穗期气候适宜度指标的变化趋势不太明显,波动较大,但“非常适宜”指标变化相对平缓;抽穗-乳熟期,由于雨季日照偏少气候适宜度指标总体偏低;乳熟-成熟期气候适宜度指标呈先上升后下降的变化趋势。

3.2 气候适宜度模型的检验

3.2.1 气候适宜度与水稻株高的关系分析

水稻营养生长阶段是指植株营养器官根、茎、

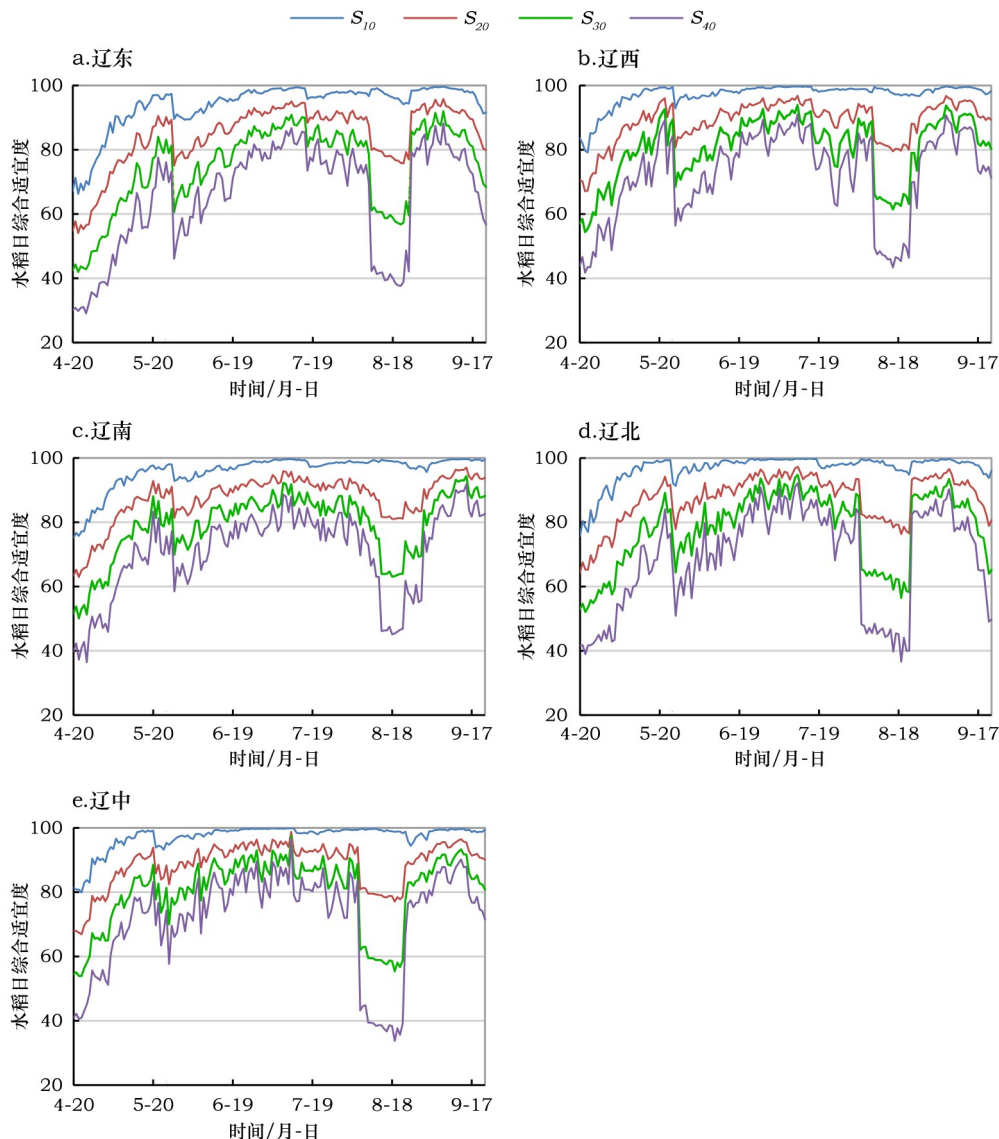


图3 1961–2010年辽宁水稻气候适宜度日尺度等级评价指标

Figure 3 Intraday grade evaluation indexes of rice climatic suitability in Liaoning Province from 1961 to 2010

叶的生长阶段,这一阶段包括出苗期、分蘖期和拔节期^[3]。水稻移栽后,秧苗栽后成活在大田进一步生长,因此本文研究移栽至拔节期营养生长阶段气候适宜度与水稻株高(即水稻株高与秧苗高差)的相关性。图4a可以看出,水稻营养生长期的气候适宜度与株高呈极显著的正相关关系,相关系数(R)为0.722($n=84, P<0.01$),说明该气候适宜度模型能客观地反应水稻与气候条件的关系,气候适宜度越高,植株生长越快。

3.2.2 气候适宜度与水稻产量的关系分析

水稻生殖生长阶段是指植株生殖器官幼穗、花、种子的生长阶段,这一阶段包括孕穗期、抽穗期、开花期和成熟期^[3]。图4b可以看出,水稻孕穗至成熟期的气候适宜度与水稻产量呈极显著的正相关关系,相关系数(R)为0.669($n=67, P<0.01$),气候适宜度越高,水稻产量越高。

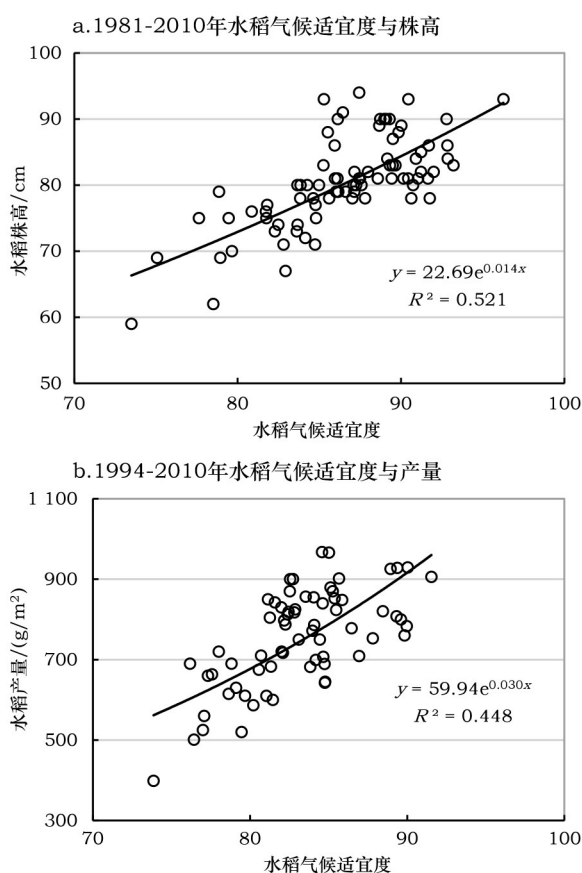


图4 1981-2010年辽宁水稻气候适宜度与水稻株高、产量的关系

Figure 4 The relationship of climatic suitability with rice plant height and yield in Liaoning Province from 1981 to 2010

3.3 灾害情景下日尺度评价模型与旬尺度评价模型对比分析

1995年7月28日-30日辽宁遭遇了特大洪涝灾害,水稻生产受到巨大影响^[20],辽宁水稻总产为25.5亿kg,较多年平均产量(1981-2010年)减少近30%。因此本文以1995年盘锦(台站号:54 338)为例,采用气候适宜度日尺度模型和评价指标对全发育期水稻气候适宜度进行评价,并与旬尺度气候适宜度评价进行对比,旬气候适宜度等级是以旬平均气温、旬日照时数为因子根据本文建模方法计算的旬气候适宜度及评价指标得到,结果表明:日气候适宜度评价能反应中短时灾害性天气的影响,与实际发生洪涝灾害情况相吻合(图5a虚线),连续暴雨严重影响日照适宜度,导致7月25-26、28-30以及8月2-3号、6号气候适宜度处于“极差”等级,水稻生长发育受到严重影响;从旬气候适宜度评价(图5b)上看,该时段气候适宜度处于“一般”等级,水稻生长发育所需气候条件正常,这种平均态的气候适宜度评价方法与实际并不相符。

4 结论与讨论

在水稻种植面积进一步受限制以及粳米供给难度加大的前提下,水稻生产对中国的粮食和社会稳定具有重要意义,因此对水稻生长过程中气候适宜度的准确评价成为目前迫切解决的关键问题。在以往的研究中,大多运用算数平均或者几何平均的算法构建模型,本文结合1961-2010年辽宁逐年的水稻单产数据,利用5点滑动平均(MAF)、二次曲线(QCF)和Logistic(LGS)函数法模拟水稻趋势产量,确定准确的气候产量,采用通径分析的方法确定各气象要素权重,进而构建水稻气候适宜度日尺度模型。为排除地理、经济等环境因素,突出气候条件对水稻生长发育的影响,采用分区评价方法,建立基于5个气候区的水稻气候适宜度评价指标。

利用水稻站点1981-2010年的发育期、株高以及1994-2010年1平方米地段产量等农业观测数据,对水稻气候适宜度日尺度模型进行检验,结果表明:在水稻营养生长阶段,水稻移栽至拔节期的气候适宜度与株高的相关系数(R)为0.722($P<0.01$);

2017年8月

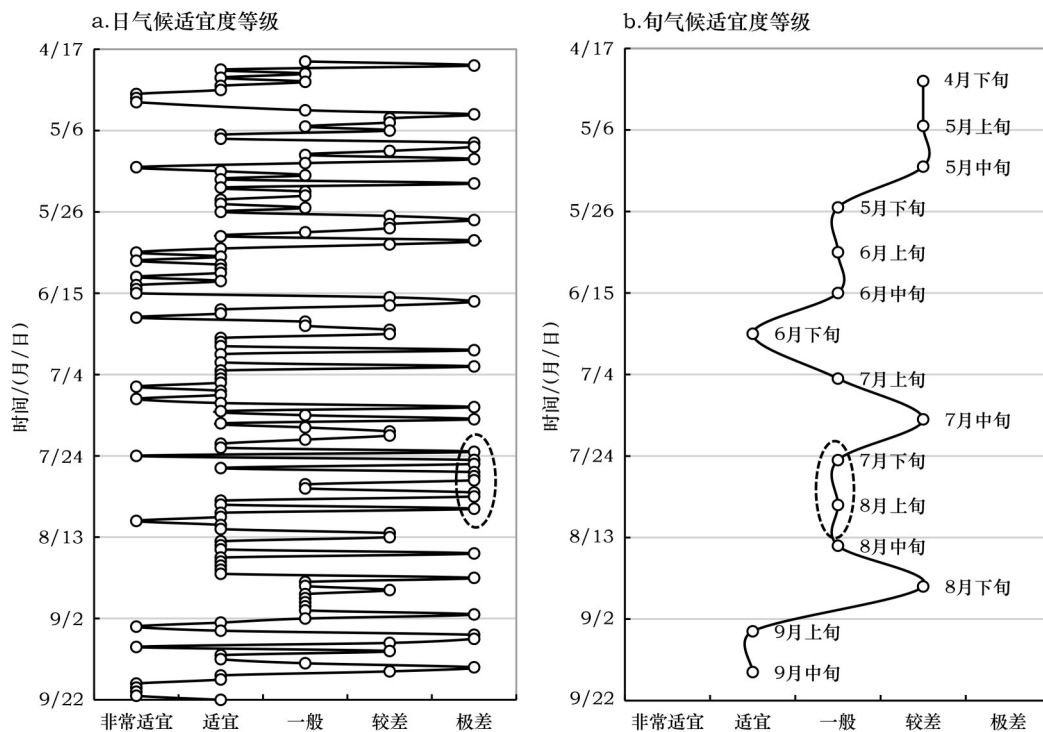


图5 1995年盘锦水稻日气候适宜度等级与旬气候适宜度等级评价对比

Figure 5 Comparison between intraday climatic suitability grade and ten-day climatic suitability grade in Panjin in 1995

在水稻生殖生长阶段,水稻孕穗至成熟期的气候适宜度与水稻产量的相关系数(R)为0.669 ($P<0.01$);这说明本文建立的气候适宜度模型能客观地反映水稻生长的气候条件及对生长发育的影响。

目前国内建立的水稻气候适宜度模型及应用都是基于旬以上时间尺度的平均态^[19],本文考虑到水稻与气候的相互作用不仅具有季节性、地域性而且还受到中短时灾害性天气的影响,因此本文以1995年盘锦为例,采用日尺度气候适宜度模型和评价指标对全发育期水稻气候适宜度进行评价,并与旬尺度的评价方法进行对比,结果表明在突发洪涝灾害的情况下,气候适宜度日尺度模型相比旬尺度模型,能更准确地揭示中短时灾害影响下的气候适宜度状况。

水稻的农业生产除了受到气候条件的影响外,还与很多因素有关,比如辽东低山丘陵区气候资源丰富,但因为坡地较多,水土流失严重,成为水稻低产田区^[21]。因此有必要进一步研究气候与地形、土壤类型相结合的水稻生产综合适宜性评价模型,向更大范围空间进行推广应用。

参考文献(References):

- [1] 李志杰,张振平,张艺,等. 辽宁不同年代水稻品种生产力和氮肥效率对施氮水平的响应差异[J]. 作物学报, 2013, 39(9): 1679-1686. [Li Z J, Zhang Z P, Zhang Y, et al. The spatial-temporal distribution of maximum depth of frozen soil and its response to temperature change in the Songhuajiang River Basin [J]. *Agronomica Sinica*, 2013, 39(9): 1679-1686.]
- [2] 王品,魏星,张朝,等. 气候变暖背景下水稻低温冷害和高温热害的研究进展[J]. 资源科学, 2014, 36(11): 2316-2326. [Wang P, Wei X, Zhang C, et al. A review of cold injury and heat damage to rice growth under global warming[J]. *Resources Science*, 2014, 36(11): 2316-2326.]
- [3] 陈温福. 北方水稻生产技术问答[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010. [Chen W F, Wei X, Zhang C, et al. North Rice Production Technology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2010.]
- [4] 黄淑娥,田俊,吴慧峻. 江西省双季水稻生长季气候适宜度评价分析[J]. 中国农业气象, 2012, 33(4): 527-533. [Huang S E, Tian J, Wu H J. Evaluation on climatic suitability during growth season of double rice in Jiangxi Province[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2012, 33(4): 527-533.]
- [5] 俞芬,千怀遂,段海来. 淮河流域水稻的气候适宜度及其变化趋势分析[J]. 地理科学, 2008, 28(4): 537-542. [Yu F, Qian H

- S, Duan H L. Climate suitability of rice and its changes in Huaihe Watershed[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(4): 537-542.]
- [6] 赖纯佳, 千怀遂, 段海来, 等. 淮河流域双季稻气候适宜度及其变化趋势[J]. 生态学报, 2009, 28(11): 2339-2346. [Lai C J, Qian H S, Duan H L, et al. Climate suitability and its change trend of double-cropping rice in Huaihe River Basin[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(11): 2339-2346.]
- [7] 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 J J, Ma X Q, Xu Y. Establishment and application of growing climatic suitability indicator of single cropping rice in Anhui Province[J]. *Meteorological*, 2013, 39(1): 88-93.]
- [8] 段居琦, 周广胜. 我国单季稻种植区的气候适宜性[J]. 应用生态学报, 2012, 23(2): 426-432. [Duan J Q, Zhou G S. Climatic suitability of single cropping rice planting region in China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(2): 426-432.]
- [9] 段居琦, 周广胜. 中国水稻潜在分布及其气候特征[J]. 生态学报, 2011, 31(22): 6660-6668. [Duan J Q, Zhou G S. Potential distribution of rice in China and its climate characteristics[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(22): 6660-6668.]
- [10] 赵峰, 千怀遂. 全球变暖影响下农作物气候适宜性研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 134-137. [Zhao F, Qian H S. The research advances on the crop climate suitability influenced by global warming[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2004, 12(2): 134-137.]
- [11] Shimono H. Impact of global warming on yield fluctuation in rice in the northern part of Japan[J]. *Japan Journal of Crop Science*, 2008, 77: 489-497.
- [12] 傅鸿志. 辽宁地理[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2014. [Fu H Z. Geography of Liaoning[M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2014.]
- [13] 辽宁省统计局. 辽宁统计信息网[EB/OL]. <http://www.ln.stats.gov.cn/tjsj/sjcx/ndsj/>
- [14] 郭建平, 田志会, 左旭. 东北地区水稻热量指数预测模型[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(3): 138-145. [Guo J P, Tian Z H, Zuo X. Forecasting models of heat index for rice in Northeast China[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2004, 13(3): 138-145.]
- [15] 黄璜. 中国红黄壤地区作物生产的气候生态适应性研究[J]. 自然资源学报, 1996, 11(4): 340-346. [Huang H. A study on the climatic ecology adaptability of the crop production in the red and yellow soils region of China[J]. *Journal of Natural Resources*, 1996, 11(4): 340-346.]
- [16] 宫丽娟, 李宇光, 王萍, 等. 黑龙江省玉米气候适宜度变化分析[J]. 吉林农业科学, 2012, 37(5): 75-80. [Gong L J, Li Y G, Wang P, et al. Variation of climate suitability of maize in Heilongjiang Province[J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2012, 37(5): 75-80.]
- [17] 李树岩, 彭记永, 刘荣花. 基于气候适宜度的河南夏玉米发育期预报模型[J]. 中国农业气象, 2013, 34(5): 576-581. [Li S Y, Peng J Y, Liu R H. Prediction model of summer maize developmental stages based on climatic suitability in Henan Province[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2013, 34(5): 576-581.]
- [18] 房世波. 分离趋势产量和气候产量的方法探讨[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(6): 14-18. [Fang S B. Exploration of method for discrimination between trend crop yield and climatic fluctuant yield [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2011, 20(6): 14-18.]
- [19] 侯英雨, 张艳红, 王良宇, 等. 东北地区春玉米气候适宜度模型[J]. 应用生态学报, 2013, 24(11): 3207-3212. [Hou Y Y, Zhang Y H, Wang L Y, et al. Climatic suitability model for spring maize in Northeast China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(11): 3207-3212.]
- [20] 孟令伟. 对辽宁洪涝灾害的反思及建议[J]. 农业经济, 1996, (4): 43-44. [Meng L W. Reflections and suggestions on flood disaster in Liaoning[J]. *Agricultural Economy*, 1996, (4): 43-44.]
- [21] 刘时东. 东北地区中低产田综合治理模式研究[D]. 北京: 中国农业科学研究院, 2014. [Liu S D. Study on Integrated Governance Model of Medium-Low Yielded Farmland in Northeast [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.]

Intraday evaluation modeling of climatic suitability for rice in Liaoning Province

WU Jinwen¹, SUN Longyu², JI Ruipeng¹, FENG Rui¹, YU Wenying¹, ZHANG Yushu¹

(1. Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110166, China;

2. Shenyang Meteorological Administration, Shenyang 110168, China)

Abstract: One of the key links in the study of the relationship between rice and climate is the selection of the time scale. To evaluate climate suitability of rice under short-term disaster scenarios, we considered factors such as air temperature and sunshine duration in Liaoning Province from 1961 to 2010 and assigned weights to these factors according to path analysis theory and climate yield data. A daily model was constructed to represent climate suitability for rice production, and climate suitability assessment criteria were developed for different climate regions. Comparing this newly developed daily model with a 10-day model expounds the climate suitability of different time scale models under short- to medium-term disaster weather. The results showed that the daily climate suitability model was able to provide an accurate representation of climate conditions and their effect on rice growth. The daily model also indicated that climate suitability during the vegetative growth period is related to plant height, with a correlation coefficient R of 0.722. Climate suitability during the reproductive growth period is also related to rice yield, with a correlation coefficient R of 0.669. The degree of suitability of each climatic region was determined using climate suitability assessment criteria established in this paper. The results indicate that, in the case of unexpected flooding, the daily model performs better than the 10-day model at evaluating climate suitability during the rice growth period. Besides climatic conditions, the agricultural production of rice is also related to many factors, so it is necessary to further study the comprehensive suitability evaluation model of rice production combining climate and topography and soil type and popularize it across a wider range of space.

Key words: rice; climate suitability; evaluation model; intraday; Liaoning Province

CNKI推出《中国高被引图书年报》

日前,中国知网(CNKI)中国科学文献计量评价研究中心推出了一套《中国高被引图书年报》,该报告基于中国大陆建国以来出版的422万余本图书被近3年国内期刊、博硕、会议论文的引用频次,分学科、分时段遴选高被引优秀学术图书予以发布。据研制方介绍,他们统计并分析了2013-2015年中国学术期刊813万余篇、中国博硕士学位论文101万余篇、中国重要会议论文39万余篇,累计引文达1451万条。根据统计数据,422万本图书至少被引1次的图书达72万本。研制方根据中国图书馆分类法,将72万本图书划分为105个学科,分1949-2009年和2010-2014年两个时间段,分别遴选被引最高的TOP 10%图书,共计选出70911本优秀图书收入《中国高被引图书年报》。统计数据显示,这7万本高被引优秀图书虽然只占全部图书的1.68%,却获得67.4%的总被引频次,可见这些图书质量上乘,在同类图书中发挥了更加重要的作用。该报告还首次发布各学科“学科h指数”排名前20的出版单位的评价指标,对客观评价出版社的社会效益——特别是学术出版物的社会效益具有重要的参考价值。

该报告从图书被引用的角度出发,评价图书的学术影响力,弥补了以销量和借阅等指标无法准确评价学术图书的缺憾,科学、客观地评价了图书、图书作者以及出版单位对各学科发展的贡献。

《中国高被引图书年报》把建国以来出版图书全部纳入评价范围属国内首创,是全面、客观评价图书学术影响力的工具,填补了目前图书学术水平定量评价的空白,在帮助图书馆建设特色馆藏和提高服务水平、帮助出版管理部门了解我国学术出版物现状、帮助科研机构科研管理、帮助读者购买和阅读图书等方面,均具有较强的参考价值,也为出版社评估出版业绩、决策再版图书、策划学科选题提供有用的信息。

《中国高被引图书年报》由《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司出版。该产品的形式为光盘电子出版物,分为理学、工学、农学、医学、人文科学和社会科学6个分卷,随盘赠送图书,欢迎您咨询、订购。咨询电话:010-82710850 82895056转8599,Email:aspt@cnki.net