

基于作物生长期的江苏省沿海地区 气候生产潜力估算

许 艳¹, 濮励杰^{1,2}, 朱 明¹

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210023; 2. 国土资源部海岸带开发与保护重点实验室, 江苏 南京 210023)

摘要: 江苏沿海地区是中国重要的耕地后备资源基地之一, 气候生产潜力能够反映该地区粮食安全保障能力大小。考虑作物不同生长期光温水协调程度, 对现有气候生产潜力模型基于作物生长期进一步改进, 估算江苏沿海地区14个县市三大粮食作物气候生产潜力。结果表明: 基于作物生长期的气候生产潜力模型具有可行性。江苏省沿海地区水稻和小麦作物气候生产潜力受太阳有效辐射、温度和降水因素共同影响; 玉米气候生产潜力主要受太阳有效辐射和温度影响, 不受降水因素限制。从地域分布特征看, 江苏沿海地区水稻和玉米气候生产潜力南北方向呈现梯度递增规律; 小麦气候生产潜力南北方向差异不大。

关键词: 气候生产潜力; 作物生育期; 沿海地区; 江苏

中图分类号: S127

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2015)05-0658-07

引 言

耕地是中国当前转型发展的关键资源环境要素^[1], 中国一方面加强现有耕地节约集约利用, 另一方面不断新增耕地后备资源, 以保证中国粮食安全的保障能力。江苏沿海地区是中国重要的耕地后备资源基地之一^[2,3], 该地区的作物气候生产潜力研究是了解土地生产力和粮食安全保障能力的基础性工作。

气候生产潜力是指作物不受养分限制时, 由光温水共同决定的生产力, 是一个地区作物产量的上限^[4]。气候生产潜力计算方法很多, 其中实际测量法与生理生态学法比较适合于中小尺度区域特定作物较短时期内的精确研究, 但时空尺度转换难度较大; 遥感信息最早仅能追溯到20世纪80年代初期, 不能满足过去更长时期的动态分析^[5,6]; 而数学模型应用较为广泛。典型的气候生产数学模型包括经验法、机制法和趋势外推法^[7], 机制法因基于过程测算得到广泛认可^[8]。黄秉维^[9]提出了光合生产潜力模型。邓根云以及联合国粮农组

织在区分作物和水分等因素方面所有提升, 将作物分为喜温作物与喜凉作物, 考虑降水与蒸腾关系等, 分别提出了光温生产潜力和光温水生产潜力^[10,11]。然而, 宏观的数学模型对于作物不同生长期对气候资源需求不同考虑不足。本文在黄秉维等人的采用机制法构建的光温水生产潜力模型基础上, 考虑作物在不同生长期对光、温和水的需求差异, 提出基于作物生长期的气候生产潜力数学模型, 并对江苏省沿海地区的气候生产潜力开展实证分析。

1 研究方法

采用机制法首先求出光合生产潜力, 对光合生产潜力^[12]进行温度订正, 得到光温生产潜力, 再进行水分订正, 得出气候生产潜力^[13], 其模型为:

$$Y_w = Q \times f(Q) \times f(T) \times f(w) \\ = Y_Q \times f(T) \times f(w) = Y_T \times f(w) \quad (1)$$

式中, Y_w 为气候生产潜力; Q 为太阳总辐射; $f(Q)$ 为光合有效系数; Y_Q 为光合生产潜力; $f(T)$ 为温度有效系数; Y_T 为光温生产潜力; $f(w)$ 为水分有效系数。

收稿日期: 2014-01-16; **修订日期:** 2014-04-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41230751)、国家自然科学基金(40871255, 41101547)、江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(CXLX12-0036)资助。

作者简介: 许 艳(1986-), 女, 江苏盐城人, 博士研究生, 主要从事土地利用与规划研究。E-mail: xuyanxiaozz@126.com

通讯作者: 濮励杰, 教授。E-mail: ljpu@nju.edu.cn

按照作物生长期的气候生产潜力模型如下所示:

$$Y_w = \sum Q_i \times f(Q_i) \times f(T_i) \times f(w_i)$$

式中, i 表示作物第*i*个生长阶段。

1.1 作物生长期的划分

作物产量的形成与作物的生育期有关,联合国粮农组织将作物生育期划分为初始生长期、生长发育期、生长中期和生长末期。初始生长期是由播种至覆盖率接近 10%,生长发育期是从覆盖率 10%到完全覆盖,生长中期从完全覆盖到成熟期开始,生长末期从成熟到收获^[14]。本文根据作物生长过程,将作物生长期划分为苗期、营养生长期、营养与生殖生长并进期、营养灌浆期以及灌浆成熟期。江苏省沿海地区三大粮食作物生长期具体时间参照文献^[15],水稻生长期为 5~9 月;冬小麦生长期为 10 月至次年 5 月;夏玉米生长期为 5~9 月。

1.2 太阳总辐射计算

对于太阳总辐射计算,大多数学者采用 H·L·彭门等利用日照百分率计算太阳总辐射的公式^[16],如式 2 所示。太阳总辐射量可以按天、旬、月等不同时间统计。

$$Q = S_0 \times (a + b \times S/S_1) \tag{2}$$

式中, S_0 为天文辐射量; S 为日照时数; S_1 为可照时数; a 、 b 与大气透明度相关。

1.3 光合有效系数

目前光合有效系数的计算模型如式 3 所示。光合作用有效辐射的观测仪器甚少,需要通过计算方法取值,主要有两种方法:

$$Q_g = \varepsilon \times Q \tag{3}$$

$$Q_g = \varepsilon_1 \times Q_1 + \varepsilon_2 \times Q_2 \tag{4}$$

式中, Q_g 表示光合作用有效辐射; ε 、 ε_1 、 ε_2 分别表示不同的系数; Q 表示总辐射, Q_1 和 Q_2 分别表示直接辐射和间接辐射。本文采用式 3 计算光合作用有效辐射。

光合作用在不同作物生长期对作物的作用效果不同。很多学者以及联合国粮农组织均在整个生长期采用统一的经济系数以及收获系数来反映干物质(籽粒、糖、油)所占总生物量的比例^[17]。然而有学者提出水稻、小麦和玉米等作物拔节至抽穗,抽穗至成熟是干物质的积累的两个关键阶段,因此在计算光能生产潜力时,采用拔节至抽穗,抽穗至成熟两个阶段的光合量计算^[18]。因此,本文提出基于作物生长期的经济系数来估算作物的光合生产潜力。光能利用率、物质转换系数等参数参考

相关文献如表 1 所示。经济系数参数如表 2 所示。

$$f(Q) = \Omega \varepsilon \varphi (1 - \alpha)(1 - \beta)(1 - \rho)(1 - \gamma) \times (1 - \omega)f(L)(1 - \eta)^{-1}(1 - \delta)^{-1}q^{-1}S \tag{5}$$

表1 光合生产潜力计算公式参数意义及取值^[19-21]

Table 1 Parameters meaning and value of photosynthetically potential productivity

参数	意义	水稻	小麦	玉米
Ω	作物光照强度利用效率(%)	90	85	100
ε	光合有效辐射比率(%)	49	49	49
φ	光量子转化效率(%)	22	22	22
α	植物群体反射率(%)	6	10	8
β	植物群体透射率(%)	8	7	6
ρ	作物非光合器官截获辐射比率(%)	10	10	10
γ	超过光饱和点的光的比率(%)	5	5	1
ω	呼吸消耗占光合产物比重(%)	33	33	30
$f(L)$	作物叶面积动态变化订正值	0.56	0.50	0.58
η	成熟作物的含水率(%)	14	14	15
δ	作物灰分率(%)	8	8	8
q	单位干物质的含热量(MJ/kg)	16.9	17.58	17.20

表2 作物各生长阶段收获指数参数取值

Table 2 Parameters of harvest index at different growth stages of crops

	苗期	营养生长期	营养与生殖生长并进期	营养灌浆期	灌浆成熟期
水稻	0.1	0.1	0.2	1	0.5
冬小麦	0.1	0.1	0.2	1	0.5
夏玉米	0.1	0.1	0.2	1	0.5

1.4 温度有效系数

作物的生长需要一定的温度环境来保持作物体内各种酶的活性。很多学者分别对 C_3 和 C_4 作物^[16,22],以及喜凉作物和喜温作物^[17,23]采用不同的线性函数进行温度有效系数修正。也有学者采用非线性函数开展修正^[24]。本文采用非线性温度修正方法^[12,21]如式 6 所示。

$$f(T) = \frac{(T - T_1)(T_2 - T)^B}{(T_0 - T_1)(T_2 - T_0)^B} \tag{6}$$

$$B = \frac{T_2 - T_0}{T_0 - T_1} \tag{7}$$

式中, T 是某一段时间的平均气温, T_0 、 T_1 、 T_2 分别是该段时间作物产量形成的最适温度、生长发育的下限温度和上限温度。采用的作物不同时期三基点温度参照文献^[12,21](表 3)。

表3 作物各生长阶段三基点温度(°C)

Table 3 Temperature of three key points at different growth stages of crops (°C)

生长阶段	水稻			小麦			玉米		
	T_0	T_1	T_2	T_0	T_1	T_2	T_0	T_1	T_2
苗期	21.0	9.0	28.0	18	5	27	20.0	8.0	27.0
营养生长期	25.0	12.5	32.0	24	7	30	24.5	11.5	30.0
营养生殖并进期	27.8	15.0	33.0	27	14	33	27.0	14.0	33.0
营养灌浆期	26.3	15.0	33.0	25	14	33	25.5	14.0	32.0
灌浆成熟期	19.3	10.5	30.0	18	10	30	19.0	10.0	30.0

注:水稻、玉米和小麦温度参数参考文献^[25];村田吉男研究表明,小麦表观光合作用在0~40℃,最适温度为18℃^[26]。

1.5 水分有效系数

水分有效系数需要降水量、蒸散量以及作物生长期、作物种类、作物需水系数和作物缺水敏感系数等,计算公式如式8。蒸散量计算方法很多,如彭曼公式^[22]等,本文采用温度、相对湿度以及风速与蒸散量的函数关系进行估算^[23]。作物系数和作物缺水敏感系数与作物生育期有关^[14]。各参数如表4所示^[27]。

$$f(w) = \begin{cases} 1 - K_y \times \left(1 - \frac{P}{E_{Tm}}\right) & P < E_{Tm} \\ 1 & P \geq E_{Tm} \end{cases} \quad (8)$$

式中, P 为作物生育期降水量(mm)。 E_{rm} 为作物需水量(mm)。 K_s 为缺水敏感系数。作物需水量可根据参考作物蒸散量计算得到:

$$E_{Tm} = K_c \times E_{T0} \quad (9)$$

式中, E_{tm} 为作物需水量(mm); K_c 为作物系数; E_{r0} 为参考作物蒸散量。 E_{r0} 作物蒸散量计算公式^[28]如下:

$$E_{T0} = 0.000\ 3 \times (25 + T)^2 \times (100 - f) \times (3 + \mu) \quad (10)$$

式中, T , f 和 μ 分别为月平均气温、相对湿度和风速。

表4 作物各生长阶段需水系数和缺水敏感系数

Table 4 Parameters of water requirement and sensitivity to water scarcity at different growth stages of crops

生长阶段	作物需水 系数 K_c			作物缺水敏感 系数 K_y		
	水稻	小麦	玉米	水稻	小麦	玉米
苗期	1.1~1.15	0.3~0.4	0.3~0.5	0.22	0.2	0.4
营养生长期	1.1~1.5	0.7~0.8	0.7~0.85	0.32	0.6	1.5
营养生殖并进期	1.1~1.3	1.05~1.2	1.05~1.2	0.27	0.6	1.5
营养灌浆期	0.95~1.05	0.65~0.75	0.8~0.95	0.19	0.5	0.5
灌浆成熟期	0.95~1.05	0.2~0.25	0.55~0.8	0.15	0	0.2

注:水稻作物缺水敏感系数见参考文献[29]。作物需水系数采用最高值。

2 研究区与数据

2.1 研究区概况

江苏海岸线长 954 km, 经过 14 个县市, 介于 $119^{\circ}21' \sim 121^{\circ}55'E$, $31^{\circ}33' \sim 35^{\circ}07'N$ 之间, 东临黄海。江苏海岸带面积占沿海地区总面积的 23.64%, 海岸带受季风气候控制, 处于北亚热带向暖温带过渡地带, 兼受海洋性和大陆性气候双重影响, 苏北灌溉总渠以北, 沿海全年太阳总辐射能量达 $493 \sim 527 \text{ kJ/cm}^2$, 年日照量 $2\,400 \sim 2\,650 \text{ h}$; 苏北灌溉总渠以南, 沿海全年太阳总辐射能量达 $460 \sim 493 \text{ kJ/cm}^2$, 年日照量 $2\,100 \sim 2\,400 \text{ h}$, 年平均气候自北向南递增, 总渠北 $13 \sim 14^{\circ}\text{C}$, 总渠南 $14 \sim 15^{\circ}\text{C}$; 年平均降水量总渠北 $900 \sim 1\,000 \text{ mm}$, 总渠南 $1\,000 \sim 1\,100 \text{ mm}$ ^[30](图 1)。

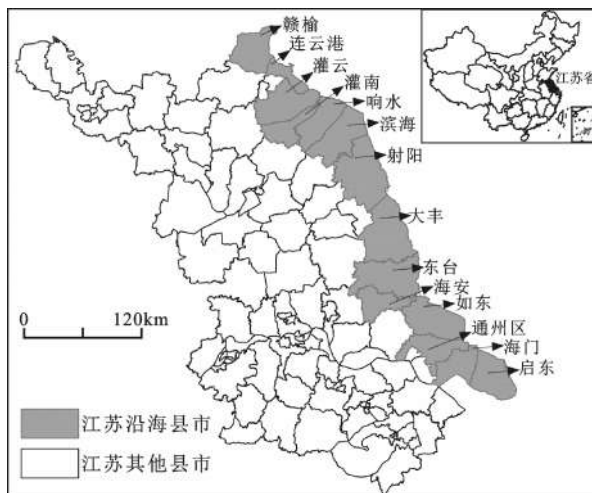


图 1 研究区域区位

Fig.1 Location of study area

2.2 研究数据

数据来自于中国科学院地理科学与资源研究所

所中国生态系统研究网络(CERN)综合研究中心的气象要素空间化数据库(中国生态系统研究网络网址: <http://www.cern.ac.cn>), 该数据库以全国1951~2000年全国各气象站点数据为数据源, 利用GIS技术、计算机技术和空间数据库技术, 在方法研究基础上生成全国尺度多种气象/气候要素的栅格数据库, 主要包括辐射、温度、降水、湿度、风和气候指数等20多个要素的空间信息。本文通过中国生态系统研究网络空间插值数据获取了江苏沿海14个县市光合有效辐射、温度、降水、相对湿度、风速等要素的数据。江苏省14个县市水稻、小麦和玉米的现实生产潜力来自于2003年《江苏省农村统计年鉴》^[31]。

3 结果与分析

3.1 光合生产潜力测算

由于作物生长拥有的气候资源的差异, 江苏省沿海水稻和玉米生长期在5~9月之间, 光照强度较高, 因此光合生产潜力最大。冬小麦作物生长于10月至来年5月, 虽冬季和春季光照强度较小, 但小麦的生长周期较长, 因此光合生产潜力也较高。通过公式(5)得到江苏省平均水稻光合生产潜力为21 215.1 kg/hm²; 小麦的光合生产潜力为15 083.6 kg/hm²; 玉米光合生产潜力为26 424.9 kg/hm²。江苏省光能生产潜力即为36 253.7~41 508.5 kg/hm²。

3.2 光温生产潜力测算

作物在不同的生长期需要的温度存在差异, 根据公式(6)对作物光合生产潜力进行修正, 得到江苏省平均水稻光温生产潜力为19 942.8 kg/hm²; 小麦光温生产潜力为11 728.2 kg/hm²; 玉米光温生产潜力为24 094.8 kg/hm²。江苏省光温生产潜力在31 671~35 823 kg/hm²。作物光温生产潜力比光合生产潜力降低, 其水稻降低了1 272.3 kg/hm², 小麦降低了3 355.3 kg/hm², 玉米降低了2 330.1 kg/hm²。从作物种类来看, 小麦产量受到温度影响较大, 因为小麦生长需要经历春化过程, 在11月份、12月份、1月和2月由于温度较低, 光合作用较弱, 而3月份温度仍未达到最适温度。水稻和玉米生长期主要处于夏季和秋季, 受温度限制较小。

3.3 光温水生产潜力测算

江苏省城市化与工业化水平较高, 农村劳动力人口不断向经济发达的苏锡常地区转移, 沿海地区农业劳动力人口年龄较高, 根据调研, 沿海地

区望天田占比较大, 因此需要考虑作物生长水分亏缺对作物产量的影响。根据公式(8)对作物光温生产潜力进行修正, 得到江苏省平均水稻光温水生产潜力为19 828.4 kg/hm²; 小麦光温水生产潜力为11 158.6 kg/hm²; 玉米的光温水生产潜力为24 094.8 kg/hm²。江苏省光温水生产潜力为30 987~35 253 304 kg/hm²。作物光温水生产潜力相对光温生产潜力有所降低, 水稻和小麦产量由于水分供应不足而进一步影响作物的产量, 其中水稻降低了114.4 kg/hm², 小麦降低了569.6 kg/hm²。玉米在生长期内水分供应充足, 产量未受到影响。

3.4 生产潜力比较分析

江苏省地区水稻气候生产潜力大小接近于华南地区^[16, 22], 小麦和玉米气候生产潜力远高于华北地区与西北地区^[14, 19~21, 26, 27]。本文估算出江苏沿海地区气候生产潜力与之前龙斯玉^[4]测算出江苏全省光能生产潜力(38 250~44 250 kg/hm²)、光温生产潜力(27 750~32 250 kg/hm²)、旱作物光温水生产潜力(19 875~27 000 kg/hm²)基本一致。与全国国土资源大调查全国农用地分等技术指导组提供的江苏省作物光温生产潜力, 其中水稻平均光温生产潜力29 646 kg/hm²; 小麦的平均光温生产潜力15 187.56 kg/hm²^[15]相比, 其数值相对保守。

3.5 气候生产潜力利用率

比较江苏省农村统计年鉴获取江苏省三大粮食作物的现实生产力与三大粮食作物的气候生产潜力发现(图2), 作物生长受到土壤环境、农业生产管理等水平的限制程度较高, 气候生产潜力的实现程度普遍较小, 均低于50%。

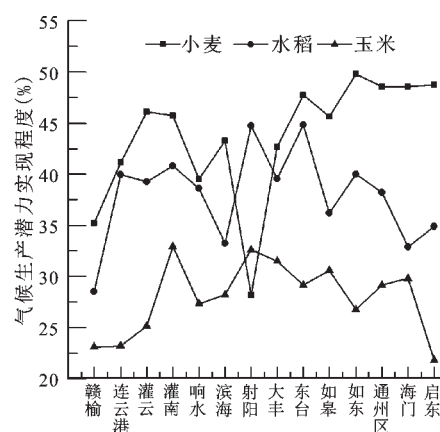


图2 江苏省沿海14个县市气候生产潜力实现程度

Fig.2 Realization degree of climate potential productivity of fourteen counties at coastal zone of Jiangsu Province

3.6 沿海县市空间差异

江苏省沿海14个县市三大粮食作物光合生产潜力空间分布主要受到江苏省沿海光照空间分布差异和作物利用光照效率和时间的影响。从图3来看,水稻和玉米光合生产潜力在江苏沿海分布的规律为南北方向随着纬度逐渐递增,主要原因在于不同月份江苏省沿海的太阳有效辐射的空间

差异性,江苏省5、6和9月光合有效辐射从南至北逐渐增加,7月份从南至北逐渐减小,8月份南北无差异。小麦光合生产潜力在南北方向上也随着纬度逐渐递增,主要因为在小麦的作物生长期,10、3、4和5月份光合有效辐射均从南至北逐渐增加,11月份南北方向无差异。

江苏省沿海14个县市三大粮食作物光温生产

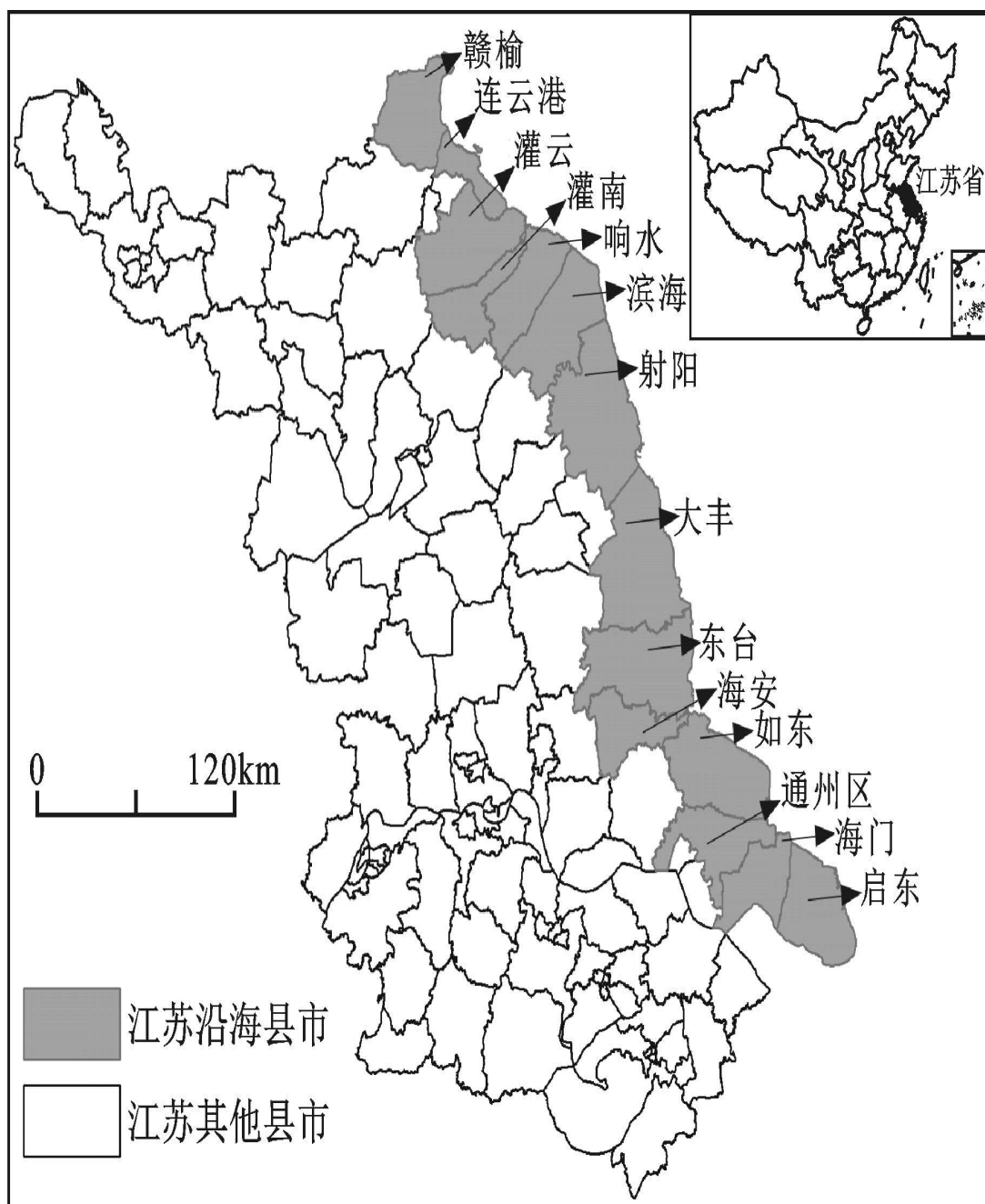


图3 江苏省沿海14个县市光合生产潜力、光温生产潜力及气候生产潜力计算

Fig.3 Results of photo-synthetically potential productivity, light and temperature potential productivity and climate potential productivity of fourteen counties at the coastal zone of Jiangsu Province

潜力空间分布主要受到作物不同生长期光合生产潜力和温度的影响。从图3可以看出,水稻、小麦和玉米光温生产潜力在南北方向上逐渐递增规律,原因在于虽然江苏南部温度较高,但江苏北部温度也达到了作物生长的需求,因此订正系数南北差异较小。

江苏省沿海14个县市三大粮食作物气候生产潜力空间分布主要受到作物不同生长期光温生产潜力和降水的影响。玉米气候生产潜力基本不受水分的限制,因此呈现与光温生产潜力相同的地理分布。水稻和小麦气候生产潜力呈现南北方向逐渐递增趋势,但递增趋势与光温生产潜力不同,主要因为在7和8月,江苏省沿海地区南部区域降水小于北部区域,而作物正处于营养生长与生殖生长并进期和营养灌浆期,作物需求系数较高,缺水较为敏感,北部地区光温生产潜力受降水限制高于南部地区。

4 结论与讨论

1) 本文结果与相关研究^[3,4]相比,基于作物生长期的气候生产潜力具有一定的可行性。太阳有效辐射、温度和水分是估算作物气候生产潜力的重要参数,而这些参数在不同的作物生长期对作物的影响不同。以往有学者分别对光照、温度和水分等单因素基于作物生长期计算出作物的光合生产潜力、光温生产潜力以及气候生产潜力^[17,27],本文在系统性的提出气候生产潜力需要基于作物生长期来计算,如收获指数、温度以及水分等因子。同时,基于作物生长期的气候生产潜力模型同时能够更有利于研究作物气候生产潜力对气候变化的响应研究。

2) 江苏省沿海地区水稻和小麦气候生产潜力受到温度和水分影响,应特别注意水稻和小麦播种时节和加强田间灌溉措施;玉米作物主要受到温度的影响,不受水分限制,因此注意玉米的播种时节。

3) 江苏省沿海地区水稻气候生产潜力接近于华南地区,小麦和玉米生产潜力远高于华北地区和西北地区,具备较强的粮食生产能力。从地域分布来看,江苏省沿海地区水稻和玉米光合生产潜力、光温生产潜力和光温水生产潜力南北方向呈现梯度递增规律;小麦光合生产潜力、光温生产潜力南北方向呈现梯度递增规律,光温水生产

潜力南北方向差异不大。

参考文献:

- [1] 宋小青,欧阳竹,柏林川.中国耕地资源开发强度及其演化阶段[J].地理科学,2013,33(2):135~142.
- [2] 王 千,金晓斌,周寅康.江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制[J].生态学报,2011,31(20):5903~5909.
- [3] 周生路,吕 蕾.江苏沿海耕地资源量空间分布态势评价[J].土壤,2006,38(6):794~799.
- [4] 龙斯玉.江苏省农业气候资源生产潜力及区划的研究[J].地理科学,1985,5(3):218~226.
- [5] 朴世龙,方精云,郭庆华.1982~1999年我国植被净第一性生产力及其时空变化[J].北京大学学报:自然科学版,2001,37(4):563~569.
- [6] 陶 波,李克让,邵雪梅,等.中国陆地净初级生产力时空特征模拟[J].地理学报,2003,58(3):372~380.
- [7] 韩荣青,戴尔阜,吴绍洪.中国粮食生产潜力研究的若干问题与展望[J].资源科学,2012,34(6):1175~1183.
- [8] 陈长青,类成霞,王春春,等.气候变暖下东北地区春玉米生产潜力变化分析[J].地理科学,2011,31(10):1272~1279.
- [9] 黄秉维.中国农业生产潜力——光合潜力[J].地理集刊,1985,(17).北京:科学出版社,1985:15~22.
- [10] 邓根云,冯雪华.我国光温资源与气候生产潜力[J].自然资源,1980,(4):11~16.
- [11] 邓祥征,姜群鸥,咸金艳.中国土地生产力变化的情景分析[J].生态环境学报,2009,18(5):1835~1843.
- [12] 杨恒山,王 芳,张冬梅,等.哲里木盟4种主要农作物气候生产潜力变化及对比分析[J].哲里木畜牧学院学报,1999,9(2):19~24.
- [13] 张 强,杨贤为,黄朝迎.近30年气候变化对黄土高原地区玉米生产潜力的影响[J].中国农业气象,1995,16(6):19~23.
- [14] 尹海霞,张 勃,张建香,等.近50年来甘肃省河东区春玉米干旱时空特征分析[J].资源科学,2012,34(12):2347~2355.
- [15] 周生路,李如海,王黎明,等.江苏省农用地资源分等研究[M].南京:东南大学出版社,2004.
- [16] 梁佳勇,谢振文,何昆明,等.广东水稻生产潜力及影响因素分析[J].农业与技术,2004,24(4):63~66.
- [17] 蔡承智.基于AEZ模型的我国农区小麦生产潜力分析[J].中国生态农业学报,2007,15(5):182~184.
- [18] 丁德峻,张旭晖.粮食作物气候——土壤生产潜力探讨[J].气象科学,1993,13(1):83~89.
- [19] 廉丽姝,李志富,李 梅,等.山东省主要粮食作物气候生产潜力时空变化特征[J].气象科技,2012,40(6):1030~1038.
- [20] 马树庆.吉林省农业气候研究[M].北京:气象出版社,1996.
- [21] 杨重一,庞士力,孙彦坤.黑龙江省作物气候生产潜力估算[J].东北农业大学学报,2010,41(3):75~78.
- [22] 林文鹏,陈逢珍,陈霖婷,等.GIS支持下的漳州市水稻气候生产潜力研究[J].福建地理,2000,15(1):30~36.
- [23] 曹卫星.作物栽培学总论[M].北京:科学出版社,2006.
- [24] 陈建文,贺安乾,杨碧轩,等.陕北、渭北及关中气候生产潜力的估算与分布特征分析[J].干旱地区农业研究,1999,17(1):112~

- 117.
- [25] 侯光良,刘允芬.我国气候生产潜力及其分区[J].自然资源, 1985,(6):52~59.
- [26] 尹 钧,苗果园.山西省小麦气候生产潜力的评价[J].山西农业大学学报,1992,12(3):276~282.
- [27] 郑剑非,卢志光.北京市冬小麦气候生产潜力及干旱期间最佳灌水方案[J].中国农业气象,1982,(4):18~32,29.
- [28] 李春云,戴玉杰,宋玉红,等.蒸发势的一种计算方法[J].应用气象学报,2001,12(1):91~96.
- [29] 周利民,罗怀彬,古璇清.水稻水分生产函数模型试验研究[J].广东水利水电,2002,(2):22~24.
- [30] 任美镔.江苏省海岸带和海涂资源综合调查报告[M].北京:海洋出版社,1986.
- [31] 江苏省统计局.江苏省农村统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2003.

Calculation of Climate Potential Productivity at Coastal Zone of Jiangsu Province Based on Crop Growing Period

XU Yan¹, PU Li-jie^{1,2}, ZHU Ming¹

(1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210023, China;

2. The Key Laboratory of the Coastal Zone Exploitation and Protection, Ministry of Land and Resources, Nanjing, Jiangsu 210023, China)

Abstract: Climate potential productivity reflects regional capacity of food supplies. Light, temperature and precipitation are three key climate factors influencing crop productivity. In past researches, three climate factors have been calculated during the whole crop period in the crop productivity models. However, couple relationships of light, temperature, and precipitation in different growth periods influences crop productivity differently. Considering that crops need different climate resources at different growing periods, this article improved the existing model to calculate the climate potential productivity of rice, wheat and corn. Jiangsu Coastal zone is one of the significant bases of cropland complementary resource, and it is of great significance to understand capacity of food supplies of this area. Therefore, we took fourteen counties at coastal zone of Jiangsu province as a case study to calculate light potential productivity, light and temperature potential productivity and climate potential productivity of rice, wheat and corn and analyze spatial variation of crop productivity of different counties in Jiangsu coastal zone. The results show that the method of mechanism based on crop growing period to calculate the climate potential productivity for fourteen counties at coastal zone of Jiangsu province is feasible. The light potential productivity of rice, wheat and corn in Jiangsu province are 21 215.1 kg/ha, 15 083.6 kg/ha, and 26 424.9 kg/ha, respectively. The light and temperature potential productivity of rice, wheat and corn in Jiangsu province are 19 942.8 kg/ha, 11 728.2 kg/ha, and 24 094.8 kg/ha, respectively. The climate potential productivity of rice, wheat and corn in Jiangsu province are 19 828.4 kg/ha, 11 158.6 kg/ha, and 24 094.8 kg/ha, respectively. The climate potential productivity of rice and wheat are affected by light, temperature and precipitation, while the climate potential of corn is influenced by light and temperature. The light potential productivity, light and temperature potential productivity and climate potential productivity of different crops in Jiangsu coastal zone have different geographical distributions. The light potential productivity, light and temperature potential productivity and climate potential productivity of rice and corn increase from south to north. The light potential productivity, light and temperature potential productivity of wheat increases from south to north. The climate potential productivity of wheat has no large differences from south to north.

Key words: climate potential productivity; crop growing period; coastal zone; Jiangsu Province