

区域气候变化情景下气候变率对我国水稻产量影响的模拟研究

5511.01

罗群英, 林而达

(中国农业科学院农业气象研究所, 北京 100081)

摘要:利用中国随机天气模型将中国区域气候模式 RCM 与作物模式 CERES-Rice 相连接, 模拟了 3 种气候变率(0%、10%、20%)水平下未来气候(2050 年, 假定此时 CO₂ 浓度为 550mg/L)对我国水稻主产区(广州、长沙、南京)灌溉水稻和雨养水稻在考虑 CO₂ 肥效与否条件下的产量。模拟结果表明:(1)气候变率对水稻产量的影响因经营方式和研究地区的不同而有差异。对灌溉水稻来说, 气候变率对其产量有负面影响, 且这种影响随气候变率的加大而增大。对雨养水稻来说, 气候变率对广州、长沙两地的产量有正面影响, 且这种影响与变率呈正相关; 而对南京的产量有负面影响, 其影响规律和对灌溉水稻的相似。(2)CO₂ 的肥效作用是不可忽视的重要方面, 它能较大程度地减缓水稻减产的幅度。

关键词:区域气候模式 RCM; 随机天气模型; CERES-Rice 模式; 灌溉水稻; 雨养水稻; 产量; 气候变率

Simulation of the effect of climate variability on China's rice yield under regional climate change

LUO Qun-Ying, LIN Er-Da (Institute of Agrometeorology, The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100081, China)

Abstract: Using the Stochastic Weather Generator, the Regional Climate Model was linked with CERES-Rice Model to simulate irrigated and rainfed rice yield in China's main rice production areas: Guangzhou, Changsha and Nanjing under future climate scenarios, assuming the concentration of CO₂ was 550mg/L in 2050. Three levels of climate variability for the fertility of CO₂ were taken into account. The simulation results show: (1) The influence of climate variability on rice yield is dissimilar due to differential management modes. To irrigated rice, climate variability has a negative effect on its yield. The greater climate variability is, the worse this kind of effect would be. To rainfed rice, climate variability has a positive effect on its yield in Guangzhou and Changsha. The effect of climate variability on rainfed rice yield in Nanjing is similar to that of the irrigated rice yield. (2) The fertility of CO₂ is a very important aspect and should not be ignored. It can lessen the scope of the drop in rice production to a great extent.

Key words: regional climate model; stochastic weather generator; irrigated rice; rainfed rice; yield; climate variability; CERES-Rice model

文章编号: 1000-0933(1999)04-0557-03 中图分类号: S162.5+3 文献标识码: A

中国 12 亿多人口的生存有赖于农业^[1]。“八五”期间, 国家科委、国家自然科学基金委组织实施了这方面的研究课题, 并取得了一些有意义的结论。关于气候变化对我国水稻生产的影响研究已从多途径做过一些探讨^[2,3]。与以往研究相比, 本项研究有以下特点: (1) 利用中国区域气候模式输出的温度和降水的变化月值作为未来气候变化的基本格局。(2) 研究了气候变化情景下气候变率对水稻产量的影响。将气候变率纳入到未来气候变化情景中去, 能减少综合评估的不确定性和更好地分析气候变化对水稻产量的影响。(3) 考虑了 CO₂ 的肥效作用, 使得未来气候变化对我国农业影响的评估工作更为客观、现实。

1 研究方法

收稿日期: 1997-01-23; 修订日期: 1997-11-10

模拟技术是分析气候变化对农业可能影响的主要方法之一,在这项研究中,CERES-Rice 模式、区域气候模式 RCM、中国随机天气型被用来综合评估未来气候变化对我国水稻主产区水稻产量的影响。

1.1 CERES-Rice 模式 CERES-Rice 模式是由美国密执根州立大学、夏威夷大学及国际肥料开发研究中心(IFDC)的科学家于本世纪 80 年代共同研制的、适于水稻旱种、催芽播种及移栽的动态生长模型,它不仅能阐明气候变化对作物产量影响的机理过程,而且还能描述其影响的动态变化。它利用易得的天气、土壤和水稻品种遗传系数的最少数据来模拟水稻的生长、发育和产量^[1]。

1.2 区域气候模式 区域气候模式是由 NCAR (National Center for Atmospheric Research)的科学家于 1989 年将 NCAR 和宾州大学联合建立的 MM4 中尺度模式发展而来的。在该区域模式中采用了美国 NCAR 的 CCM1 模式中的辐射方案,并耦合进下垫面植被参数(BATS)方案。中国国家气象局气科院科学家通过引进美国 NCAR 的区域气候模式 RCM,已将 RCM 发展成为适合我国区域特征的区域气候模式。与全球气候模式 GCMs 相比,其模拟结果更为真实、可靠^[2]。

1.3 随机天气模型 利用随机天气模型将作物模式和区域气候模式相连接,是研究气候变化对作物生育过程和产量影响的有效途径^[3,4]。但由于作物模式需要的输入资料为逐日气候要素,而目前 RCM 对未来气候情景的预测一般是年或月的平均状况,时间分辨率较低。因此,在本项研究中利用随机天气模型,实现 RCM 预测结果向作物模式所需气候资料的转化。

2 资料的收集和数据库的建立

华南地区、长江中下游地区是我国水稻的重要产区,选择其中的广州、长沙、南京 3 个地区作为研究地点有一定的代表性和典型性。所用水稻供试品种分别为桂朝、竹溪 26 号和汕优 63(B)。

2.1 田间实验资料 田间实验资料包括田间管理措施(施肥、灌水、病虫害治理)、物候期观测(播种期、出苗期、分蘖期、抽穗期、生理成熟期)和产量构成要素(千粒重、有效穗数、每穗粒数、产量)。

2.2 土壤剖面资料 土壤资料包括土壤一般特性(土壤质地、分类、坡度、土壤剖面层数、土壤渗透性等级和排水等级)和各层土壤理化性状(各土层厚度、粘、粉、砂粒含量、有机质、铝饱和度及 pH)。

2.3 气象资料 收集整理样地 30a(1956~1985)^[1]的历史气象资料(各年逐日最高气温、最低气温、降水量和辐射),得出各地的一般特征。然后利用随机天气模型模拟出该地 200a 的逐日随机资料作为当前气候情景。再通过调整随机天气模型中的部分参数,将 RCM 预测的结果转化为运行作物模式和分析作物产量变化分布所需的 200a 逐日随机资料,作为对应于不同气候变率水平下的未来气候情景。在该项研究中假定了 3 种气候变率水平:0%、10%、20%。对于温度,采用月内绝对变率,即假定标准差 SD 增加 10%和 20%。对于降水,采用月内相对变率,假定变异系数 C_v增加 10%和 20%。

3 模拟过程

3.1 水稻品种遗传参数的确定 通过查阅文献与田间试验结合,用“试错法”确定水稻品种遗传参数。

3.2 CERES-Rice 模式的验证 根据田间试验资料及与其同期同地的气象资料和土壤资料对 CERES-Rice 模式进行了验证。结果表明,模式对水稻各器官变化趋势的模拟与实测值非常接近。通过调整模式参数,该模式便可用于不同类型水稻如移栽稻、直播稻的生育过程和产量的模拟,适用于气候变化对我国水稻生产影响的评估。

3.3 各气候情景下水稻产量的模拟和最终结果的计算 将各气候情景下 200a 的随机动态大样本输入到 CERES-Rice 中去,运行作物模式得到各气候情景下 200a 的作物产量。然后利用 Excel 软件对各情景 200a 的水稻产量进行排序,计算出 90%年份的最高产量 Y_i (即 90%年份的产量低于 Y_i), i 取 0、1、2、3,分别代表当前和未来区域气候情景下 0%变率水平、10%变率水平、20%变率水平的气候情景。最后计算各预测情景下产量的相对变化(ΔY_i),即 $\Delta Y_i = (Y_i - Y_0) / Y_0 \times 100\%$ ($i=1,2,3$)

4 结果及分析

4.1 气候变率对灌溉水稻产量的影响

1) 由于数据的可得性,采用此区间的历史气象资料。

从上表中可以看出:(1)区域气候的各变率对各地灌溉水稻产量的影响程度不同。广州和长沙比较接近,在考虑 CO₂ 肥效作用时,两地增产幅度远远大于南京地区;而在不考虑 CO₂ 肥效作用时,两地减产幅度则小于南京地区,三地比较起来,南京受未来气候变化影响最大,最不利于水稻的生产,是气候变化的敏感地区。(2)不论是否考虑 CO₂ 的肥效作用,气候变率对灌溉水稻的产量都有负面影响,且这种影响随变率的加大而增大。即在考虑 CO₂ 肥效作用时,随着变率的增大,灌溉水稻增产幅度逐渐下降;在不考虑 CO₂ 肥效作用时,随着变率的增大,灌溉水稻减产愈发严重。这说明在满足作物各生育阶段对水分的需求后,过多的雨水将不利于灌溉水稻的生产。(3)CO₂ 的肥效作用是不可忽视的重要方面,其作用范围大致为 14%~25%,它能较大程度地减缓气候变化对水稻产量的不利影响。在考虑 CO₂ 肥效作用时,未来气候变化将有利于水稻的生产;反之,亦然。

4.2 气候变率对雨养水稻产量的影响

从表 2 可以看出:(1)区域气候情景下各气候变率水平对各地区雨养水稻产量的影响相差悬殊。在考虑 CO₂ 的肥效作用时,长沙地区因气候变化受益最大,其次是广州,而南京地区则出现减产的现象,在不考虑 CO₂ 的肥效作用时,长沙减产幅度最小,南京减产幅度最大。因此,气候变化对南京地区雨养水稻的生产极为不利,应采取适应对策缓解气候变化对该地区的不利影响,以保证该地区雨养水稻的生产。(2)对于广州、长沙两地来说,气候变率对雨养水稻产量有正面影响。即在考虑 CO₂ 肥效作用时,雨养水稻产量随气候变率的加大而加大;在不考虑 CO₂ 肥效作用时,水稻产量减产的幅度随变率的加大而减小。这说明降水变率的增大在一定程度上满足了雨养水稻生育过程中对水分的需求,从而保证了水稻产量的提高。而南京地区雨养水稻与气候变率的关系则表现出和灌溉水稻相同的规律。导致这一结果的原因可能与该地的气候条件、土壤条件状况及其它方面的因素有关,这一问题有待于进一步研究。(3)CO₂ 对各地雨养水稻的肥效作用大小相近,一般在 15%~25%间波动。

5 结论

(1)气候变率对水稻产量的影响因经营方式、研究地区的不同而不同。气候变率对各地灌溉水稻有不利影响,这种不利影响与气候变率成正相关;气候变率对雨养水稻的影响却因研究地区的不同而有差异,有正面影响也有负面影响。因此,不能笼统地谈气候变率对水稻产量有何种影响,而应分情况区别对待。

(2)CO₂ 对各地灌溉水稻和雨养水稻的肥效作用均很明显,其作用范围为 14%~25%。

参考文献:

- [1] 蔡运龙, Barry Smit. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策. 地理学报, 1996, 51(3): 202.
- [2] 气候变化与作物产量编写组. 气候变化与作物产量. 北京: 中国农业科技出版社, 1992.
- [3] 林而达等著. 全球气候变化对中国农业影响的模拟. 北京: 中国农业科技出版社, 1997.
- [4] Singh U, Ritchie J T, Godwin D C. A User's Guide to CERES-Rice-V2. 10, International Fertilizer Development Center, Muscle Shoals, Ala. 1993.
- [5] 85-913-02 课题组. 气候变化规律及其数字模拟研究论文(第二集). 北京: 气象出版社, 1996. 273~288.
- [6] 张宇, 等. 气候变暖对我国水稻生产可能影响的数字模拟试验研究. 应用气象学报, 1995, 6: 19~21.

表 1 灌溉水稻产量的变化(%)

Table 1 Variation of irrigated rice yields

地点 Location	考虑 CO ₂ 的肥效作用 Fertility of CO ₂ was taken into account			不考虑 CO ₂ 的肥效作用 Fertility of CO ₂ was not taken into account		
	0% 变率 ^①	10% 变率	20% 变率	0% 变率	10% 变率	20% 变率
	广州 ^②	10.71	9.58	8.79	-7.44	-7.78
长沙 ^③	16.63	16.75	16.27	-4.51	-4.87	-5.11
南京 ^④	4.92	3.85	1.61	-11.90	-12.08	-13.78

①0% Variability; ②Guangzhou; ③Changsha; ④Nanjing

表 2 雨养水稻产量的变化(%)

Table 2 Variation of rainfed rice yields

地点 Location	考虑 CO ₂ 的肥效作用 Fertility of CO ₂ was taken into account			不考虑 CO ₂ 的肥效作用 Fertility of CO ₂ was not taken into account		
	0% 变率 ^①	10% 变率	20% 变率	0% 变率	10% 变率	20% 变率
	广州 ^②	4.61	4.84	8.65	-12.34	-13.38
长沙 ^③	17.58	19.19	20.27	-4.30	-3.09	-2.82
南京 ^④	-8.67	-17.33	-17.22	-25.33	-32.11	-32.11

①0% Variability; ②Guangzhou; ③Changsha; ④Nanjing