

doi:10.3969/j.issn.1673-1719.2012.06.005

秦佩华, 陈锋, 谢正辉. 作物生长对流域水文过程与区域气候的影响 [J]. 气候变化研究进展, 2012, 8 (6): 417-425

作物生长对流域水文过程 与区域气候的影响

秦佩华¹, 陈 锋^{1, 2}, 谢正辉¹1 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学
数值模拟国家重点实验室, 北京 100029;

2 浙江省气象科学研究所, 杭州 310017

摘要: 利用区域气候模式 RegCM3 以及考虑作物生长过程的耦合模式 RegCM3_CERES 对东亚区域进行 20 年模拟, 研究作物生长对流域水文过程与区域气候的影响。结果表明: 考虑作物生长过程的耦合模式模拟海河流域、松花江流域、珠江流域多年平均降水效果明显改进, 在除黑河流域外的各流域模拟的温度负偏差有所减小, 其中在海河流域、淮河流域的夏季改进尤为明显。各流域夏季 (6、7、8 月) 月蒸散量最高, 其中长江流域、海河流域、淮河流域、珠江流域的夏季月蒸散量基本上在 100 mm 左右, 并且七大流域蒸散发的季节变化趋势跟总降水基本一致。多数流域考虑作物生长过程的耦合模式模拟得出蒸散发减少且进入的水汽增加, 导致局地水循环率减小; 黑河流域与黄河流域降水有所增加, 其他流域均有不同程度的减小。针对长江流域, 比较耦合模式 RegCM3_CERES 与模式 RegCM3 模拟结果显示, 叶面积指数减少 $1.20 \text{ m}^2/\text{m}^2$, 根区土壤湿度增加 $0.01 \text{ m}^3/\text{m}^3$, 进而导致潜热通量下降 $1.34 \text{ W}/\text{m}^2$ (其中在四川盆地地区减少 $16.00 \text{ W}/\text{m}^2$ 左右), 感热通量增加 $2.04 \text{ W}/\text{m}^2$, 从而影响到降水和气温。

关键词: 作物生长; 区域气候; 东亚季风区; 流域水文过程

引言

小麦、水稻、玉米等农作物具有不同的物理和生理特性, 其生长发育过程影响叶面积指数, 反照率, 降水的截留、径流与土壤湿度, 从而影响陆面与大气之间的水分与能量交换并对气候产生影响; 反过来, 农业作物生长发育过程受到大气辐射、降水、温度、土壤湿度、地下水埋深等天气气候条件以及诸如播种制度、灌溉、收割等人类活动的影响, 作物生长过程与气候有重要的相互作用。因此, 气

候模拟中需要合理地描述作物生长过程、作物种植制度等人类活动, 以及它们的相互作用。

针对复杂地形的中国东部季风区区域气候模拟在过去 20 多年来取得进展, 这些工作包括夏季异常季风降水过程的数值模拟^[1], 中国夏季降水数值回报试验^[2]及其空间分布和季节演变^[3-5], 高分辨率区域气候模拟试验^[6-7], 将地下水位动态变化、跨流域调水过程与区域气候模式耦合的地下水位动态变化及调水对气候影响研究^[8-9], 作物生长过程及土地利用的气候效应研究^[10-13]等。为了研究中国农业作物生

收稿日期: 2012-02-16; 修回日期: 2012-03-21

资助项目: 国家重点基础研究发展计划 (2010CB428403, 2010CB951001); 国家自然科学基金项目 (91125016)

作者简介: 秦佩华, 男, 博士后, 从事区域气候研究; 谢正辉 (通信作者), 男, 研究员, hzxie@lasg.iap.ac.cn

长的气候效应,Chen等^[14-15]将作物生长模型CERES(玉米、小麦、水稻)与区域气候模式RegCM3耦合以探讨作物生长对区域气候的影响机理^[16]。本研究利用区域气候模式RegCM3以及考虑作物生长过程的耦合模式RegCM3_CERES针对东亚区域进行20年模拟试验,并针对中国七大流域探讨作物生长发育过程对水文过程与区域气候的影响。

1 模型介绍

1.1 区域气候模式 RegCM3

RegCM3 (<http://users.ictp.it/~pubregcm/RegCM3/>)已成为世界上应用广泛的区域气候模式之一^[17],其动力内核与MM5相似,主要物理参数化方案包括NCAR CCM3辐射传输方案、非局地行星边界层方案、积云对流参数化方案、大尺度降水SUBEX方案、海洋通量参数化的订正方案和陆面BATS1e参数化方案等。

1.2 作物生长模型 CERES 3.0 及其与区域气候模式RegCM3的耦合

作物生长模型CERES 3.0^[18-19]主要包括对小麦、水稻、高粱、木薯、大豆、花生、马铃薯等多种作物生长发育的描述与模拟,其主程序包含作物的生长、水平衡等的初始化,作物根、茎、叶、穗、籽粒的生长计算,以及土壤水和土壤氮素平衡等计算。为了研究作物生长发育过程的气候效应,将CERES的玉米、小麦、水稻生长过程模型与陆面模式BATS及区域气候模式RegCM3耦合^[14-15]。

2 试验设计

分别利用区域气候模式RegCM3及上述考虑作物生长过程的耦合模式RegCM3_CERES针对东亚区域进行数值模拟,前者称为对照试验(记为CTL),后者称为耦合试验(记为CSM)。模拟区域包含整个中国大陆及其周边区域(图1),中心点(102°E,36°N),水平分辨率为60 km,网格数为120×90。两组试验采用欧洲中期天气预报中心的40年再分析资

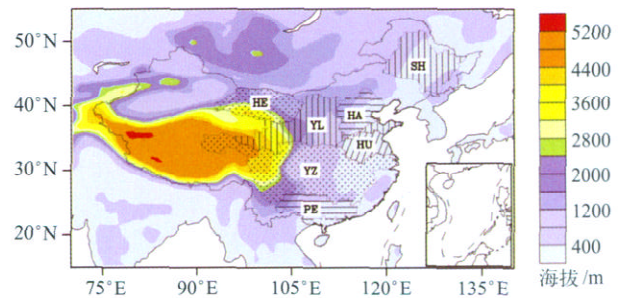


图1 模拟区域及中国七大主要流域分布:长江流域(YZ),海河流域(HA),黑河流域(HE),淮河流域(HU),黄河流域(YL),松花江流域(SH),珠江流域(PE)

Fig. 1 The study domain and distribution of seven river basins of China: the Yangtze River basin (YZ), Haihe River basin (HA), Heihe River basin (HE), Huaihe River basin (HU), Yellow River basin (YL), Songhua River basin (SH), Pearl River basin (PE)

料(ERA40)作为初边值场;海表温度采用NOAA CDC的周海温资料(OISST)^[20];采用基于Fritsch和Chappell闭合的Grell对流方案^[21]。在耦合模式试验中,考虑了小麦、玉米及水稻3种农作物,每种作物种植面积数据通过GLCC陆面覆盖资料(<http://edcdaac.usgs.gov/glcc/glcc.html>)、SAGE全球作物分布数据^[22]、中国种植制度区划图(1989)及中国农业复种指数分布图^[23]得到,并通过中国农业物候图集^[24]提供的作物物候时间来获取作物播收时间数据,具体过程见文献[16],在中国区域以外的大陆地区则不考虑作物生长过程。模拟时间从1982年1月1日到2001年12月31日,分析后19年的结果。中国七大主要流域包括长江流域、海河流域、黑河流域、淮河流域、黄河流域、松花江流域和珠江流域(图1)。

3 结果分析

3.1 降水与温度

图2(a-g)是中国七大流域观测和模拟的多年月均降水序列。整体而言,耦合模式在海河流域、松花江流域、珠江流域多年平均降水有明显的改进,而在淮河流域的夏季RegCM3_CERES的模拟结果反而不如对照试验。两个模式模拟结果差别最大的时候一般出现在夏季,淮河流域尤为明显,这是由于作物生长过程主要通过叶面积指数、茎面积指数的

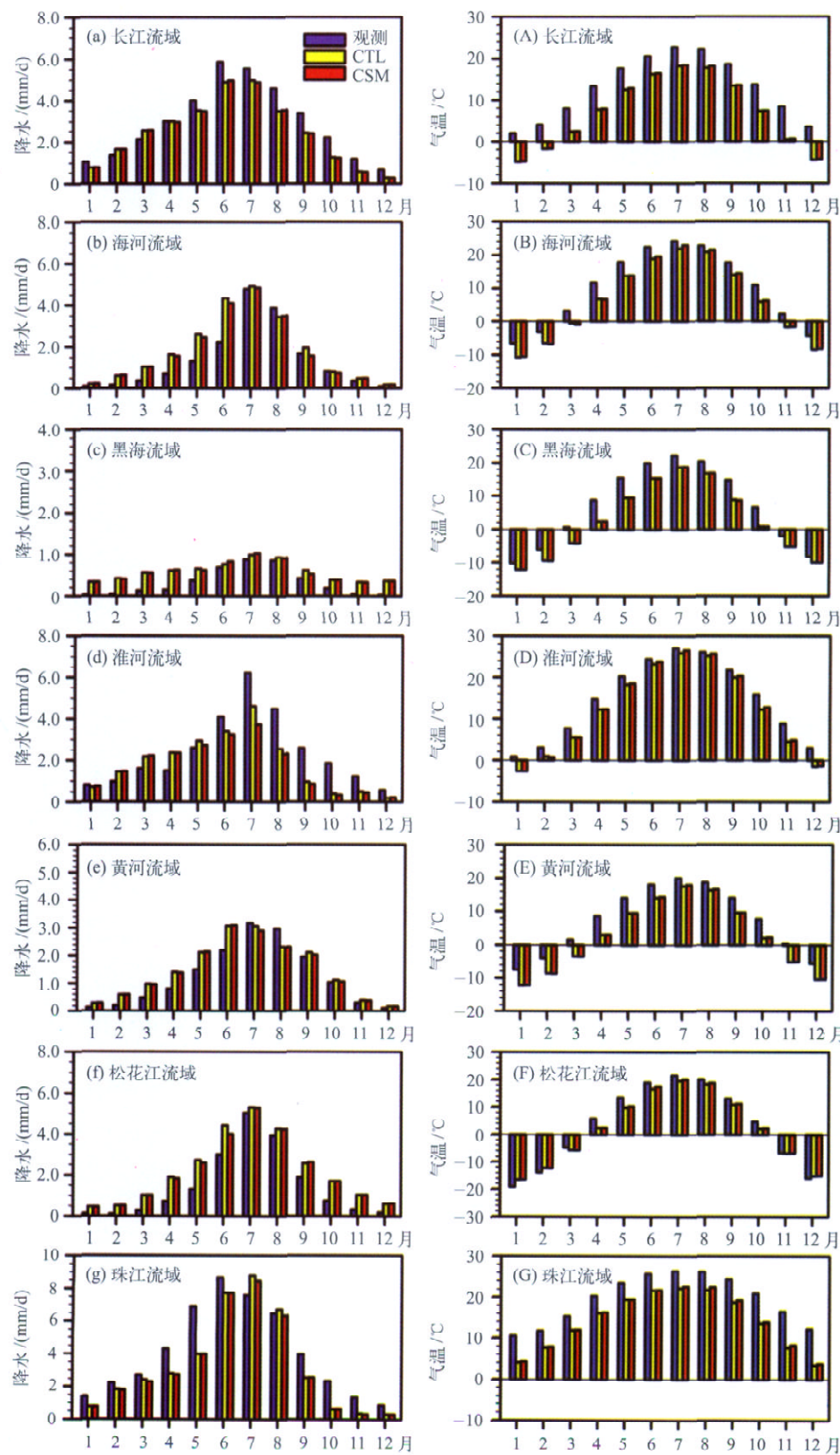


图2 各流域模拟和观测的多年平均各月的日降水量和月平均2 m 气温

Fig. 2 Simulated and observed multi-years averaged monthly mean precipitation and monthly mean 2-m air temperature over seven river basins (CTL: control experiment by RegCM3; CSM: coupled experiment by RegCM3_CERES)

改变对区域气候产生反馈作用,夏季是作物的主要生长季节,作物生长过程对区域气候的影响也最为明显。

由于温度具有明显的季节性变化,为了更好地分析作物生长模型对流域区域气候模式模拟气温的影响,我们给出了观测和两个模式模拟的多年月平均2 m气温(图2A-G)。在长江流域,两个模式模拟的2 m气温全年都有一个比较大的负偏差,耦合模式没有明显的改进。耦合模式针对黑河流域的模拟与对照模式差别很小,在其他流域对多年月平均2 m气温的负偏差有所改进,其中在海河流域、淮河流域的夏季模拟结果有明显改进。

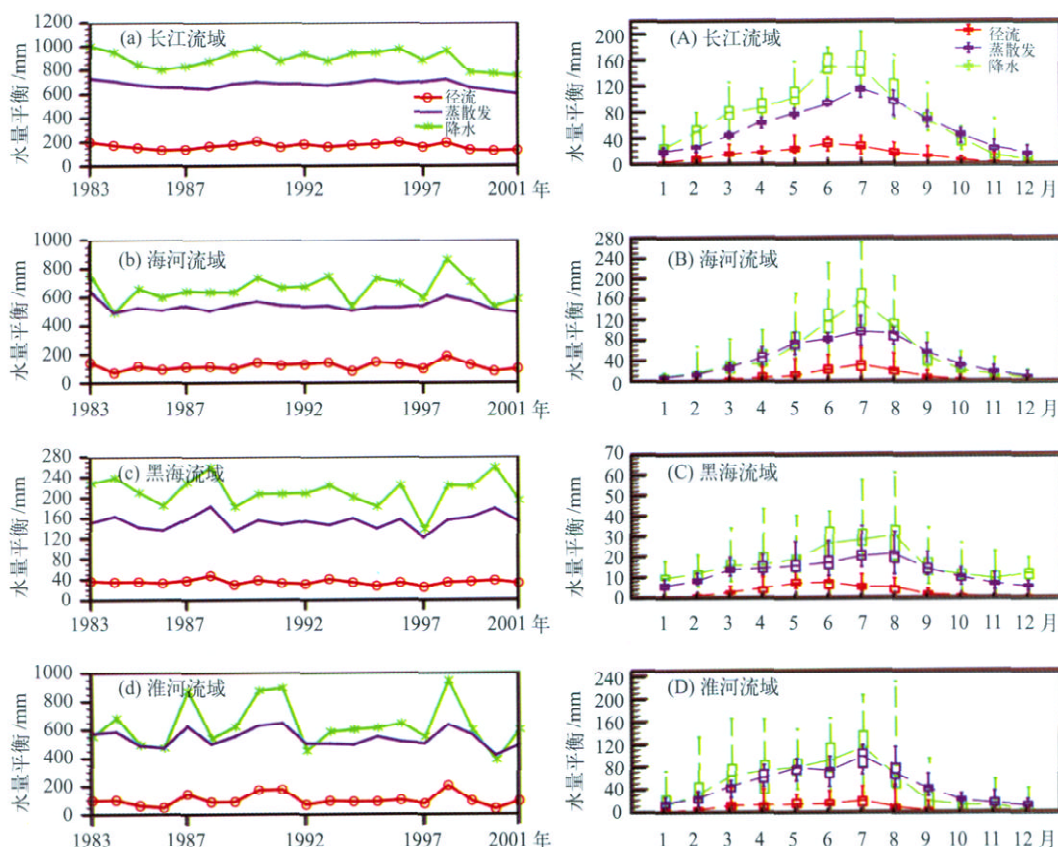
3.2 流域水量平衡

图3(a-g)是包含作物生长过程的区域气候模式在七大流域上模拟的水量平衡分量(降水、蒸散发、径流)年际变化。可以看出大部分降水用于受气温、风速、日较差等主要影响的蒸散发,只有很

少一部分降水产生径流。大多数流域的径流量从1983年到2001年变化相对平缓。总降水年际变化明显,但没有显著的增加或者减少趋势。淮河流域、海河流域在1998年有一个明显的降水峰值,相应的蒸散发和径流也有不同程度的增加。

图3(A-G)是水量平衡各分量在七大流域上季节变化的多年平均。总体来看,七大流域蒸散发跟总降水季节变化基本一致。夏季(6、7、8月)蒸散量最高,其中长江流域、海河流域、淮河流域、珠江流域的夏季月蒸散量基本上在100 mm左右,而黑河流域由于降水比其他流域少很多,相应的夏季月蒸散量在20 mm左右,季节变化没有其他流域那么明显。比较多年蒸散发最大值、25%分位图、75%分位图及最小值可以发现,各个流域夏季的蒸散发年际变化比冬季明显,在淮河流域、黄河流域、松花江流域尤其如此。松花江流域和珠江流域的夏季蒸散发年际变化幅度不是很大。

所有流域的降水年际变化幅度明显高于蒸散发



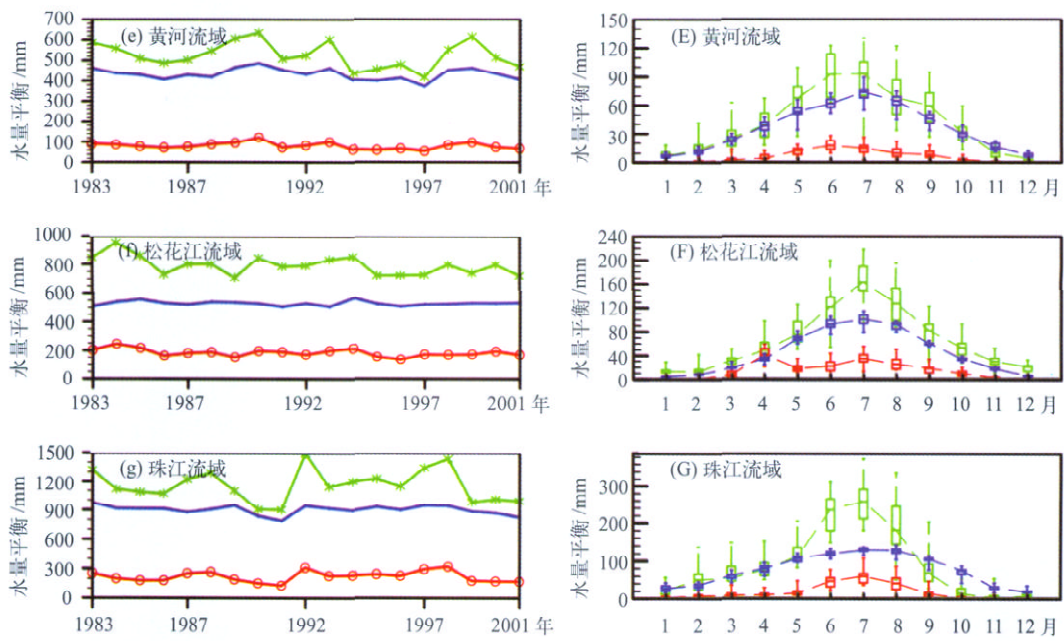


图3 七大流域上多年水量平衡分量（径流、蒸散发、降水）的年际、季节变化

Fig. 3 Interannual/seasonal variations of water balance components (runoff, evapotranspiration, precipitation) over seven river basins of China

和径流的变化幅度。多数流域夏季的蒸散发低于降水。珠江流域夏季的总降水比蒸散发高一倍；到了秋季，其蒸散发高于降水，冬季和春季蒸散发和总降水基本持平。长江流域秋季蒸散发略微高于降水，春季和夏季的总降水明显高于蒸散发，很大一部分将转化为径流。松花江流域降水常年高于蒸散发。除松花江流域外，其余流域的径流最大值出现在夏季，而松花江出现在4月份，这可能是冻土和积雪融化的缘故。

3.3 作物生长过程对水汽输送及陆气相互作用的影响

为了分析大尺度水汽输送对降水的作用，需在各流域进行大气水汽收支分析。大气水汽平衡方程^[25]及水循环系数定义如下：

$$\Delta W = Q_{in} - Q_{out} + E - P, \tag{1}$$

$$b = E / (Q_{in} + E), \tag{2}$$

$$c = P / (Q_{in} + E), \tag{3}$$

其中， ΔW (mm/d)是积分时段内大气中水汽含量的变化率， b (mm/d)是局地水循环率， c (mm/d)是降水效率， Q_{in} (mm/d)及 Q_{out} (mm/d)分别是夏季平均

的进入和流出各个流域的水汽通量， E (mm/d)和 P (mm/d)分别是各流域平均的蒸散发和降水量。

表1给出了RegCM3模式和RegCM3_CERES耦合模式模拟的七大流域上多年平均夏季大气水汽收支情况及水循环指数，其中进入每个流域的水汽通量用包含该流域及跟流域面积相近的长方形网格上的水汽通量近似表达。可以看出，考虑作物生长过程后，长江流域、黑河流域、松花江流域以及珠江流域进入和流出的水汽同时增加，其中珠江流域流入和流出水汽增加了1.34 mm及1.66 mm，而在淮河流域、黄河流域进入和流出的水汽同时减少；珠江流域和松花江流域水汽辐合略有减少，珠江流域水汽辐合减少明显（达0.32 mm），在其他流域上的水汽辐合有不同程度的增加。除黑河流域外，绝大多数流域由蒸散发减少以及进入的水汽增加导致局地水循环率减小，即通过大气环流水汽输送对流域水汽总量影响相对增大；除了黑河流域和黄河流域的降水效率有所增加外，其他流域的降水效率均有不同程度的减少，其中珠江流域降水效率减少了1.87%。

作物生长和发育通过其特有物理、生理特性改变地气之间物质、能量交换，进而影响气候，作物生长过程对陆气相互作用的影响在夏季最为明显。

表 1 各流域多年夏季水汽收支及水量循环指数

Table 1 Atmospheric water balance components and water cycle indices in summer over seven river basins

流域	试验	降水/(mm/d)	蒸散发/(mm/d)	$Q_{in}/(mm/d)$	$Q_{out}/(mm/d)$	水汽辐合/(mm/d)	$b/\%$	$\chi/\%$
长江流域	CTL	4.46	3.31	7.41	5.86	1.55	30.88	41.60
	CSM	4.46	3.27	7.56	5.97	1.59	30.19	41.18
海河流域	CTL	4.24	3.25	15.10	14.28	0.82	17.71	23.11
	CSM	4.14	2.86	15.21	14.15	1.06	15.83	22.91
黑河流域	CTL	0.90	0.61	6.27	5.96	0.31	8.87	13.08
	CSM	0.93	0.63	6.37	6.04	0.33	9.00	13.29
淮河流域	CTL	3.52	3.02	9.10	8.68	0.42	24.91	29.04
	CSM	3.10	2.57	8.74	8.25	0.49	22.72	27.41
黄河流域	CTL	2.83	2.27	9.96	9.60	0.36	18.56	23.14
	CSM	2.77	2.17	9.76	9.37	0.39	18.19	23.22
松花江流域	CTL	4.66	3.19	13.93	12.36	1.57	18.63	27.22
	CSM	4.51	3.06	14.24	12.70	1.54	17.69	26.07
珠江流域	CTL	7.74	4.14	25.19	21.16	4.03	14.12	26.39
	CSM	7.50	4.06	26.53	22.82	3.71	13.27	24.52

本文以长江流域为例给出了多年夏季平均的结果。图4给出了长江流域耦合模式RegCM3_CERES和对照试验 RegCM3 模拟的多年夏季平均叶面积指数、根区土壤湿度、潜热通量、感热通量、降水、2 m 气温的差异。考虑了作物生长过程后，长江中下游的夏季叶面积指数有所减少，其中长江中游四川盆地地区的叶面积指数比对照试验减少了 $4\text{ m}^2/\text{m}^2$ 左右。这是由于长江中游地区夏季作物以夏玉米和水稻为主，而下游以水稻为主。由于不同作物物种、品种的特性，夏季水稻刚播种，其叶面积指数比玉米的叶面积指数小，使得长江中游地区的叶面积指数相对变化更大。另外，RegCM3 中的叶面积指数是根据深层土壤温度计算得到的，这就导致 RegCM3 模拟的夏季叶面积指数偏大。耦合模式模拟的整个长江流域叶面积指数减少了 $1.20\text{ m}^2/\text{m}^2$ (表2)，叶面积指数的减少导致植被蒸腾减少，从而使得根区土壤湿度增加了 $0.01\text{ m}^3/\text{m}^3$ (图4b及表2)。植被蒸腾量的减少引起总蒸散量的减小，进而导致潜热通量下降了 $1.34\text{ W}/\text{m}^2$ (其中在四川盆地地区减少了 $16.00\text{ W}/\text{m}^2$ 左右)，感热通量增加了 $2.04\text{ W}/\text{m}^2$ 。长江流域叶面积指数减少的地区模拟的总降水有所减少，而在叶面积指数变化不大的长江上游模拟的总降水变化很小。模拟的温度 (图4f) 在整个长江流域呈现

上升趋势，达 $0.29\text{ }^\circ\text{C}$ ，特别是在四川盆地地区，上升幅度达 $1.0\text{ }^\circ\text{C}$ 以上。温度变化的空间格局跟感热通量的变化比较一致，因为地面 2 m 气温的升高导致感热通量的增加；在温度变化剧烈的地方，感热通量也有类似变化，这也从另一个侧面说明了结果的合理性。此外，对照试验根据深层土壤温度计算的淮河流域夏季叶面积指数达到了 $5.98\text{ m}^2/\text{m}^2$ ，这与实际是不符的，考虑作物生长过程后对其叶面积指数的高估有明显改进 (减少了 $4.56\text{ m}^2/\text{m}^2$)，进而使得其潜热通量大幅下降 ($13.16\text{ W}/\text{m}^2$)，感热通量大幅上升 ($9.80\text{ W}/\text{m}^2$)。

4 总结和讨论

本文利用 RegCM3 以及考虑作物生长过程的耦合模式 RegCM3_CERES 针对东亚区域 20 年的模式模拟结果，分析了作物生长对流域水文过程与区域气候的影响。可以发现，包含作物生长过程的区域气候模式在海河流域、松花江流域、珠江流域模拟的多年平均降水有明显的改进。由于作物生长模型主要通过叶面积指数等因素对区域气候产生反馈作用，因此夏季作物生长过程对区域气候的影响也最为明显。

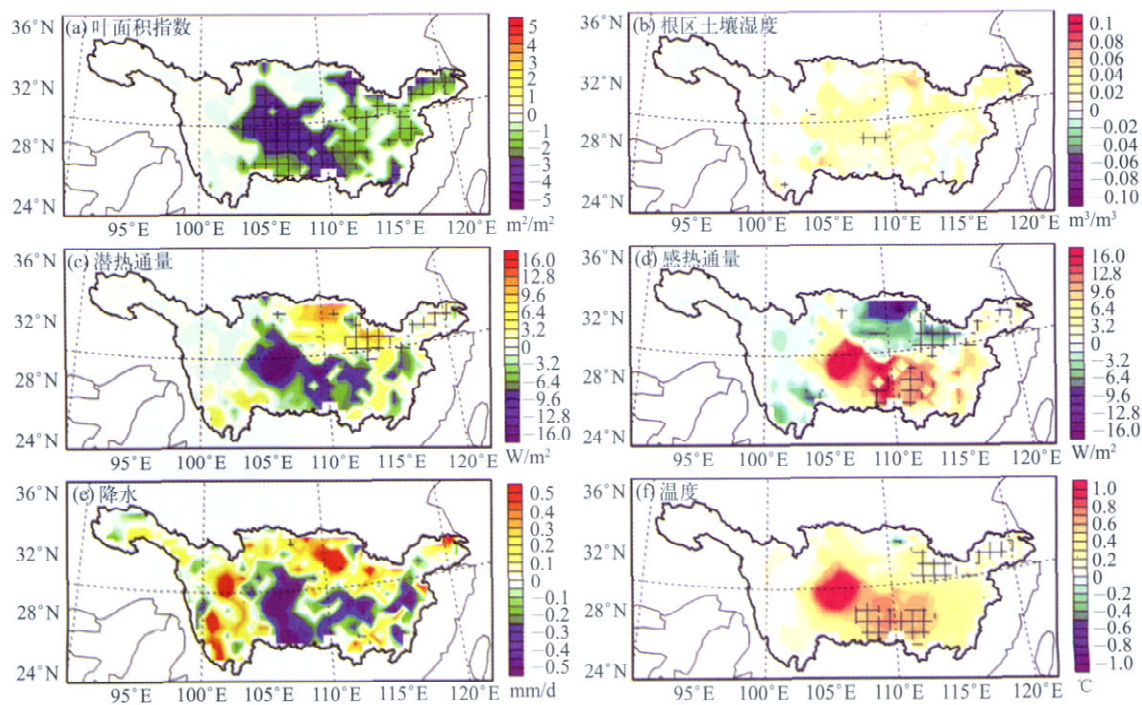


图4 多年夏季平均叶面积指数、根区土壤湿度及气候变量差异（耦合模式减对照试验）

Fig. 4 Summer mean differences (CSM minus CTL) of leaf area index, soil moisture and climate variables over seven river basins (a) leaf area index, (b) root layer soil moisture, (c) latent heat flux, (d) sensible heat flux, (e) precipitation, (f) 2-m air temperature

表2 各流域多年夏季平均叶面积指数、土壤湿度及气候变量差异（耦合模式减对照试验）

Table 2 Summer mean differences (CSM minus CTL) of leaf area index, soil moisture and climate variables over seven river basins

流域	叶面积指数 /(m ² /m ²)	根区土壤湿度 /(m ³ /m ³)	潜热通量 /(W/m ²)	感热通量 /(W/m ²)	降水 /(mm/d)	温度 /
长江流域	-1.20	0.01	-1.34	2.04	0.00	0.29
海河流域	-3.45	0.03	-11.23	7.26	-0.10	0.79
黑河流域	0.00	0.00	0.52	-0.69	0.03	0.05
淮河流域	-4.56	0.04	-13.16	9.80	-0.42	0.59
黄河流域	-1.30	0.01	-3.06	1.69	-0.06	0.31
松花江流域	-2.30	0.01	-3.79	7.12	-0.15	0.62
珠江流域	-1.64	0.02	-2.43	4.19	-0.24	0.40

耦合模式很好地模拟了七大流域的水量平衡分量。在大多数流域，径流量从1983年到2001年变化相对平缓，各流域夏季（6、7、8月）蒸散量最高，其中长江流域、海河流域、淮河流域、珠江流域的夏季月蒸散量在100 mm左右。利用耦合模式模拟结果分析了作物生长过程对水汽输送的影响，发现长江流域、黑河流域、松花江流域以及珠江流域进入

和流出的水汽同时增加，而在淮河流域、黄河流域进入和流出的水汽同时减少。

由于流域水文过程及区域气候受到多方面因素共同影响，并且区域气候模式中关于自然植被生长过程的描述不够详细等原因，通过耦合模式模拟分析作物生长对区域气候的影响时存在一些不确定性，这些方面需要在以后的工作中进一步讨论。

致谢：感谢匿名审稿人为本文提供的宝贵意见和建议，使得本文质量得到很大的提高。

参考文献

- [1] 史学丽, 丁一汇, 刘一鸣. 区域气候模式对中国东部夏季气候的模拟试验[J]. 气候与环境研究, 2001, 6 (2): 249-254
- [2] 刘一鸣, 丁一汇, 李清泉. 区域气候模式对中国夏季降水的10年回报试验及其评估分析[J]. 应用气象学报, 2005, 16 (3): 41-47
- [3] 徐璇, 陆日宇, 石英. 全球和区域气候模式对中国东部夏季降水季节演变模拟的比较[J]. 大气科学, 2011, 35 (6): 1177-1186
- [4] 刘向培, 王汉杰, 刘金波. 区域气候模式分辨率对夏季降水模拟的影响[J]. 水科学进展, 2011, 22 (5): 615-623
- [5] 曾新民, 刘金波, 宋帅, 等. 区域气候模式垂直分辨率对我国夏季降水模拟的影响[J]. 水动力学研究与进展: A 辑, 2009, 24 (1): 71-81
- [6] 石英, 高学杰, Giorgi F, 等. 全球变暖背景下中国区域不同强度降水事件变化的高分辨率数值模拟[J]. 气候变化研究进展, 2010, 6 (3): 164-169
- [7] 高学杰, 石英, Giorgi F. 中国区域气候变化的一个高分辨率数值模拟[J]. 中国科学: 地球科学, 2010, 40 (7): 911-922
- [8] Yuan Xing, Xie Zhenghui, Zheng Jing, *et al.* Effects of water table dynamics on regional climate: a case study over East Asian monsoon area[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2008, 113 (D21), D21112
- [9] Chen Feng, Xie Zhenghui. Effects of interbasin water transfer on regional climate: a case study of the middle route of the South-to-North Water Transfer Project in China[J]. J Geophys Res, 2010, 115 (D11), D11112
- [10] Tsvetsinskaya E A, Mearns L O, Easterling W E. Investigating the effect of seasonal plant growth and development in three-dimensional atmospheric simulations. Part I: simulation of surface fluxes over the growing season[J]. Journal of Climate, 2001, 14 (5): 692-709
- [11] Tsvetsinskaya E A, Mearns L O, Easterling W E. Investigating the effect of seasonal plant growth and development in three-dimensional atmospheric simulations. Part II: atmospheric response to crop growth and development[J]. Journal of Climate, 2001, 14 (5): 711-729
- [12] 高学杰, 张冬峰, 陈仲新, 等. 中国当代土地利用对区域气候影响的数值模拟[J]. 中国科学: D 辑, 2007, 7 (3): 397-404
- [13] 于燕, 谢正辉. 中国区域陆面覆盖变化的气候效应模拟研究[J]. 气候变化研究进展, 2012, 8 (6): 426-433
- [14] Chen Feng, Xie Zhenghui. Effects of crop growth and development on regional climate: a case study over East Asian monsoon area [J]. Climate Dynamics, 2011, doi: 10.1007/s00382-00011-01125-y
- [15] Chen Feng, Xie Zhenghui. Effects of crop growth and development on land surface fluxes [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2011, 28 (4): 927-944
- [16] 陈锋. 考虑作物生长过程及跨流域调水影响的区域气候模式研究[D]. 北京: 中国科学院大气物理研究所, 2010
- [17] Pal J S, Giorgi F, Bi Xunqiang, *et al.* Regional climate modeling for the developing world: the ICTP RegCM3 and RegCNET [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2007, 88 (9): 1395-1409
- [18] Jones C, Kiniry J. CERES-Maize: a simulation model of maize growth and development [M]. Texas A&M University Press, 1986: 194
- [19] Tsuji G, Googenboom G, Thornton P. Understanding options for agricultural production [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998: 400
- [20] Reynolds R W, Rayner N A, Smith T M, *et al.* An improved in situ and satellite SST analysis for climate [J]. Journal of Climate, 2002, 15 (13): 1609-1625
- [21] Grell G A. Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations [J]. Monthly Weather Review, 1993, 121 (3): 764-787
- [22] Leff B, Ramankutty N, Foley J A. Geographic distribution of major crops across the world [J]. Global Biogeochemical Cycles, 2004, 18 (1): GB1009
- [23] 闫慧敏, 刘纪远, 曹明奎. 近20年中国耕地复种指数的时空变化[J]. 地理学报, 2005, 60 (4): 559-566
- [24] 张福春, 王德辉, 丘宝剑. 中国农业物候图集[M]. 北京: 科学出版社, 1987
- [25] Schär C, Lüthi D, Beyerle U, *et al.* The soil-precipitation feedback: a process study with a regional climate model[J]. Journal of Climate, 1999, 12 (3): 722-741

Effects of Crop Growth on Hydrological Processes over River Basins and Regional Climate

Qin Peihua¹, Chen Feng^{1, 2}, Xie Zhenghui¹

¹ The State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG), Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; ² Zhejiang Institute of Meteorological Sciences, Hangzhou 310017, China

Abstract: The regional climate model RegCM3 with the crop model CERES implemented was used to study the effects of crop growth and development on regional climate and hydrological processes over seven river basins of China. A 20-year numerical simulation shows that incorporating the crop growth and development processes improves simulated precipitation over Haihe River basin, Songhua River basin, and Pearl River basin; and compared with the control run RegCM3, the RegCM3_CERES reduces the negative biases of monthly mean 2-m air temperature over most river basins, especially over Haihe River basin and Huaihe River basin in summer. Maximum monthly evapotranspiration is found in summer (JJA) around 100 mm per month in the Yangtze River basin, Haihe River basin, Huaihe River basin and Pearl River basin. The seasonal and annual variations of water balance components (runoff, evapotranspiration, precipitation) over the seven river basins indicate that changes of evapotranspiration are in a good agreement with those of the total precipitation. Compared with the RegCM3, the RegCM3_CERES produces a reduced local water recycling rate over most river basins due to less evapotranspiration and more water flux into these basins; an increased precipitation in the Heihe River basin and Yellow River basin but to different extents a reduced precipitation in the rest river basins; a decline of summer leaf area index ($1.20 \text{ m}^2/\text{m}^2$), an increase of root soil moisture ($0.01 \text{ m}^3/\text{m}^3$), a decline of latent heat flux ($1.34 \text{ W}/\text{m}^2$, but $16.00 \text{ W}/\text{m}^2$ in the Sichuan Basin), and an increase of sensible heat flux ($2.04 \text{ W}/\text{m}^2$) over the Yangtze River basin.

Key words: crop growth; regional climate; East Asian monsoon region; hydrological process

信息与动态

恐龙废气曾使地球变暖

研究人员发现: 巨大的食草恐龙通过打嗝和释放肠气, 产生了很多甲烷气体, 足以使全球气温大大升高。这类恐龙叫做蜥脚龙, 是古代许多生态系统中常见的物种, 以植物为食, 以长长的脖颈和巨大的身躯著称。以前的研究显示: 在植物茂盛的地区, 每平方公里可以存活 11 至 15 只蜥脚龙, 这些蜥脚龙的重量总共可能有大约 200 吨。利用现代肠道细菌产生甲烷的资料, 研究人员估计在一年当中全世界的蜥脚龙会产生大约 5.2 亿吨甲烷气体。研究小组在 2012 年 5 月 8 日出版的《当代生物学》杂志上作出

了估计: 这大约相当于包括农业、牛肉和乳品生产、沼泽地和森林火灾等在内的当今所有来源每年释放到大气中的甲烷气体总量, 大约相当于工业化以前每年排放量的 3 倍。来自其他研究的数据表明: 由于甲烷使全球变暖的威力大约是二氧化碳的 25 倍, 因此蜥脚龙产生的甲烷使地球变暖的效果几乎赶得上当今大气中所有二氧化碳的变暖效果。

河北邢台学院外语系 胡德良 编译
自美国《科学》杂志网站 <http://news.sciencemag.org/sciencenow/>
原作者: Sid Perkins