

大气环流模式与春玉米生长模拟模式 联接的影响评估模拟试验*

夏祥鳌

(天津市气象科学研究所, 天津 300074)

王馥棠

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要 根据春玉米田间试验资料和历史气候资料, 对春玉米生长模拟模式进行了验证与灵敏性分析, 在此基础上, 运用逐步订正法将当前气候前景和大气环流模式输出资料结合历史气候资料生成的未来气候情景订正到 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 网格点上, 与春玉米生长模拟模式相联接, 就未来气候变化对我国东北地区春玉米生长、发育和最终产量的可能影响进行了网格化定量模拟, 并对一些适应性对策的效果进行了定性或定量的分析。结果表明, 在 DKRZ OPYC 模拟的未来情景下, 若保持当前作物品种和生产技术措施不变, 研究区域除北部将平均增产 70% 外, 其余地区都将有不同程度的减产, 幅度在 -10% ~ -50% 之间, 而在 NCAR 模拟的情景下, 中西部地区将增产, 其它地区可维持当前产量水平。适应性对策将对开发利用未来可能的气候资源, 减缓未来气候变化的负效应, 充分发挥其正效应起到积极作用, 进而绝大部分区域将受益于未来水热条件的改变。

关键词 气候变化 春玉米生长模拟模式 东北地区 模拟试验

1 引言

气候变化对农业有着深远的影响, 包括有利的和不利的两个方面。相比而言, 不利的影响将显得更加突出, 特别是对那些气候灾害频发地区。各国科学家就此问题做了大量研究, 早期研究以经验统计或定性评述为主^[1,2]。80 年代以来, 大气环流模式与作物生长模拟模式的联接研究方法已成为一种主要的和先进的气候变化对农业影响的评估方法^[3,4]。但在前些年的研究中, 有些问题处理比较简单, 如在大范围区域内选取部分代表性站点时主观性较大; 在适应性对策设定方面过于简单甚至没有考虑等。鉴于此, 本文将探讨以我国自行研制的春玉米生长模拟模式为工具, 与大气环流模式输出结果相联接, 对我国春玉米主产区进行网格化诊断分析, 客观定量地评价气候变化对我国春玉米生长、发育及最终产量的可能影响, 并对现行的和未来可能的一些适应性对策在开发利用未来的气候资源方面的效果进行探讨和分析。

2 研究方法

选用春玉米主产区($121^{\circ} \sim 129^{\circ} \text{E}$, $40^{\circ} \sim 49^{\circ} \text{N}$) 24 个台站近 30 年(1961~1990 年)主要

1998-01-20 收到, 1998-03-26 收到修改稿

* 本研究得到“九五”国家科技攻关重中之重点项目 96-908-03-01 的支持

气象要素观测资料(温度、降水、日照),运用逐步订正法将其内插到 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 网格点上,生成当前气候情景。采用多维拉格朗日内插法,先将北京大学地球物理系提供的两个大气环流模式(DKRZ OPYC 和 NCAR)输出的季平均模拟情景插值到 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 网格点上;再用一元三点分段等距插值法内插为月、旬值;最后结合上述当前气候情景和大气环流模式输出的模拟情景生成未来气候情景。将当前气候情景和未来气候情景输入到春玉米模式,在采取不同的适应性对策情况下,评估未来气候变化对春玉米生产的可能影响。

3 作物模式

3.1 作物模式的调整

在“八五”期间,中国气象科学研究院农业气象中心与沈阳农业大学农业气象系的研究人员联合研制了春玉米生长模拟模式。模式由4个子模块组成:水分子模块、发育子模块、生长子模块和产量子模块,其中生长子模块又包括3个部分:叶面积增长的模拟、干物质生产的模拟、干物质分配的模拟^[5]。将此模式运用到本研究中,还需根据本研究需要进行两方面的调整。

3.1.1 参数的调整

将在有限试验点上调试研建的作物模式应用到大面积的气候变化影响评估研究时,存在作物模式参数区域化的问题,即确定各网格点上作物的发育参数。本文根据优化理论,采用正多面体加速寻优法,依最小二乘法原理,构造目标函数,取各实际发育期和模拟的发育期差的平方和为最小的发育参数为所求的区域化参数^[6]。

3.1.2 水分子模块的调整

由于模式中的水分子模块要求输入旬土壤含水量,而当前我国的农业气象观测站较少,观测年代较短,尚不足以进行网格化分析,且多数大气环流模式没有土壤水分输出项,故需调整水分子模块以适应研究的要求。本文运用简化的土壤水分平衡方程进行土壤水分含量与降水量之间的转化,方程如下:

$$S(i) = S(i-1) + P(i) - W(i), \quad (1)$$

式中, $S(i)$ 、 $S(i-1)$ 分别为旬末、旬初即上旬末土壤水分含量(单位: mm); $P(i)$ 为旬降水量(单位: mm); $W(i)$ 为作物需水量(单位: mm),用下式求算^[7]:

$$W(i) = K_{\text{cri}} \times T(i)(S(i-1) - S(p)) / (S(k) - S(p)), \quad (2)$$

式中, K_{cri} 为旬内作物需水系数; $T(i)$ 为旬潜在蒸散(单位: mm); $S(k)$ 为土壤临界含水量,取田间持水量的60%; $S(p)$ 为最大吸湿度,取凋萎系数与1.34的比值^[8]。

经过以上处理,便将春玉米模式调整为能与大气环流模式相联接的应用模式,从而能较全面地评估各主要气象要素变化对春玉米生产的可能影响。

3.2 模式检验

利用1993年沈阳的气象资料(温度、降水、日照)模拟玉米的生长发育、叶面积动态和干物质累积动态,与同年玉米分期播种的田间试验资料进行比较,初步验证该模式的模拟能力(图1)。模拟结果表明,该模式大体上反映了当前生产条件下玉米生

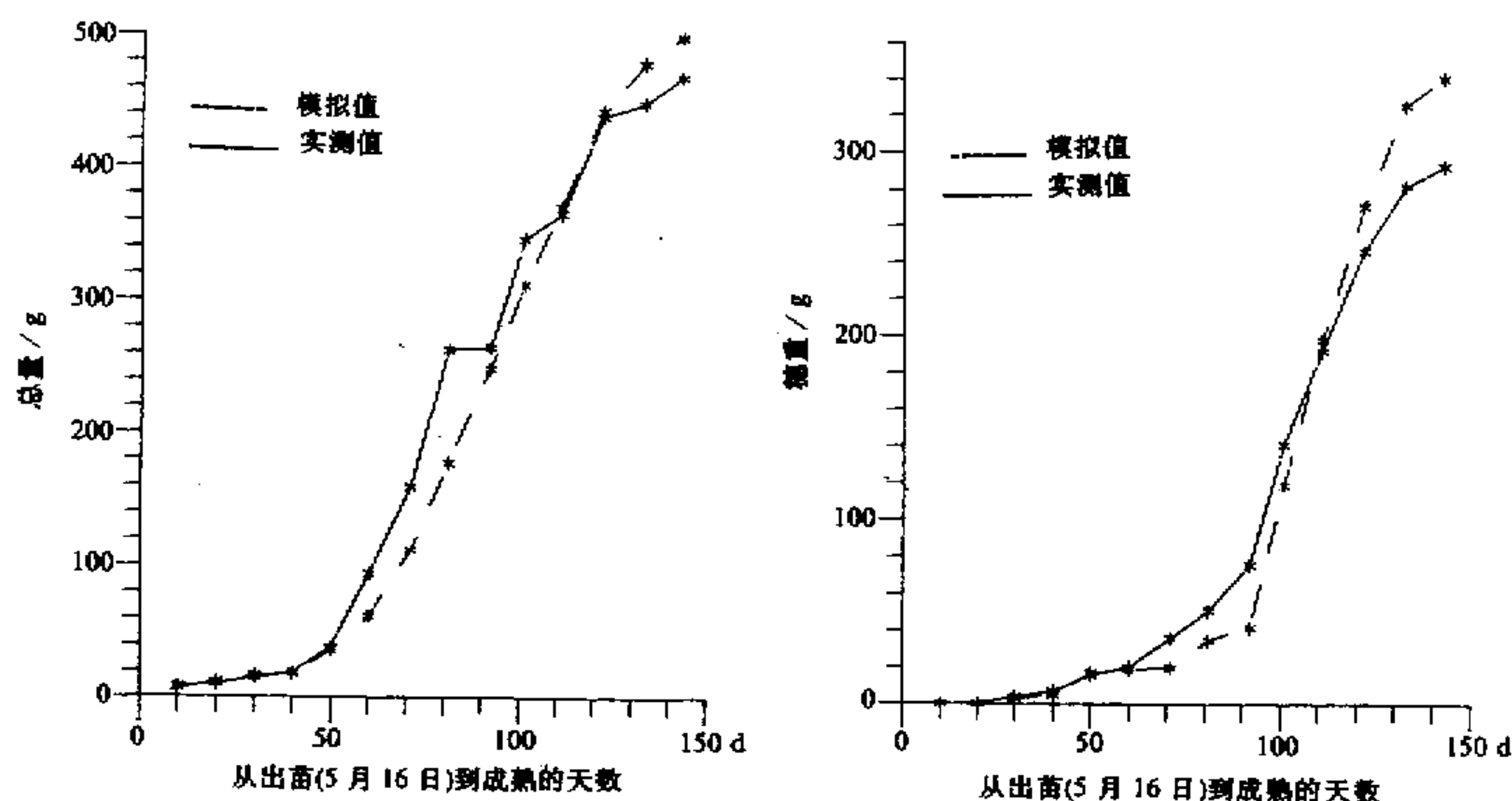


图1 模式模拟能力的检验

长、发育和产量形成的基本情况。

3.3 模式灵敏性分析

利用调整后的作物模式, 选用3个站点(沈阳、乾安、海伦)对模式灵敏性进行分析。从检验结果来看, 北部的海伦因目前热量条件的不足, 增温有利于增产, 而乾安和沈阳两地温度升高, 发育期缩短, 产量下降; 乾安降水增加有利于增产, 说明该区域当前水分条件有待改善, 而海伦、沈阳目前降水充裕, 过量的降水将导致土壤通气不畅而减产。

4 DKRZ OPYC 和 NCAR 模拟下的未来可能气候情景

4.1 DKRZ OPYC 情景

东北地区普遍增温, 幅度在 $1.5\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ 之间, 南部增温大于北部, 等值线大体为西北走向。在长岭、舒兰、牡丹江一线, 未来降水与当前情况持平; 该线以北, 降水有所增加, 并往北递增, 大、小兴安岭地区增加幅度大于同纬度的平原地区; 该线以南, 降水减少, 西部减少量大于东部, 西南减少幅度最大, 达 12%, 为变旱最强地区(图 2)。

4.2 NACR 情景

从热量条件来看, NACR 模拟结果与 DKRZ OPYC 模拟结果差异很大: 增温幅度明显偏小, 且东北部地区还出现负值(这一结果与其它大气环流模式结果出入较大), 等值线基本呈经向分布, 西部增温幅度远大于东部, 最大达 0.9°C 。在 NACR 情景下, 除西北部分地区降水减少之外, 其它地区降水普遍增加, 其幅度远大于 DKRZ OPYC 的模拟值, 极值出现在东南角, 高达 52%(图 3)。

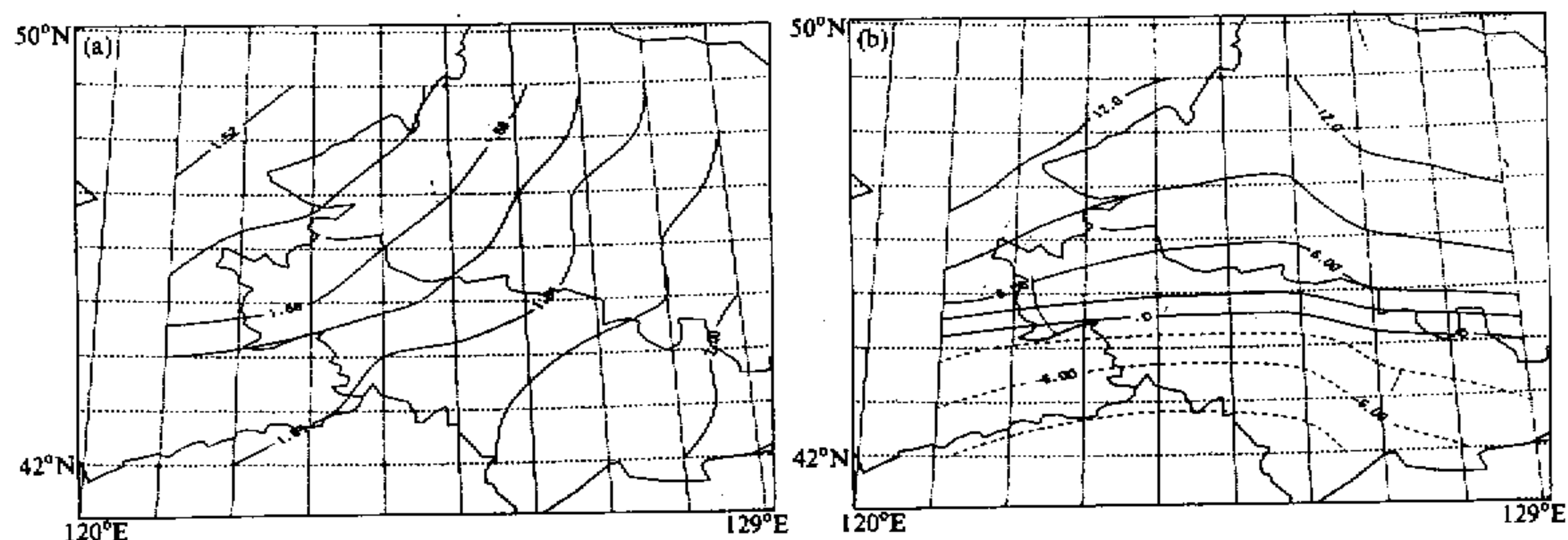


图2 DKRZ OPYC 模拟下的研究区域温度 (a)、降水 (b) 变化情景

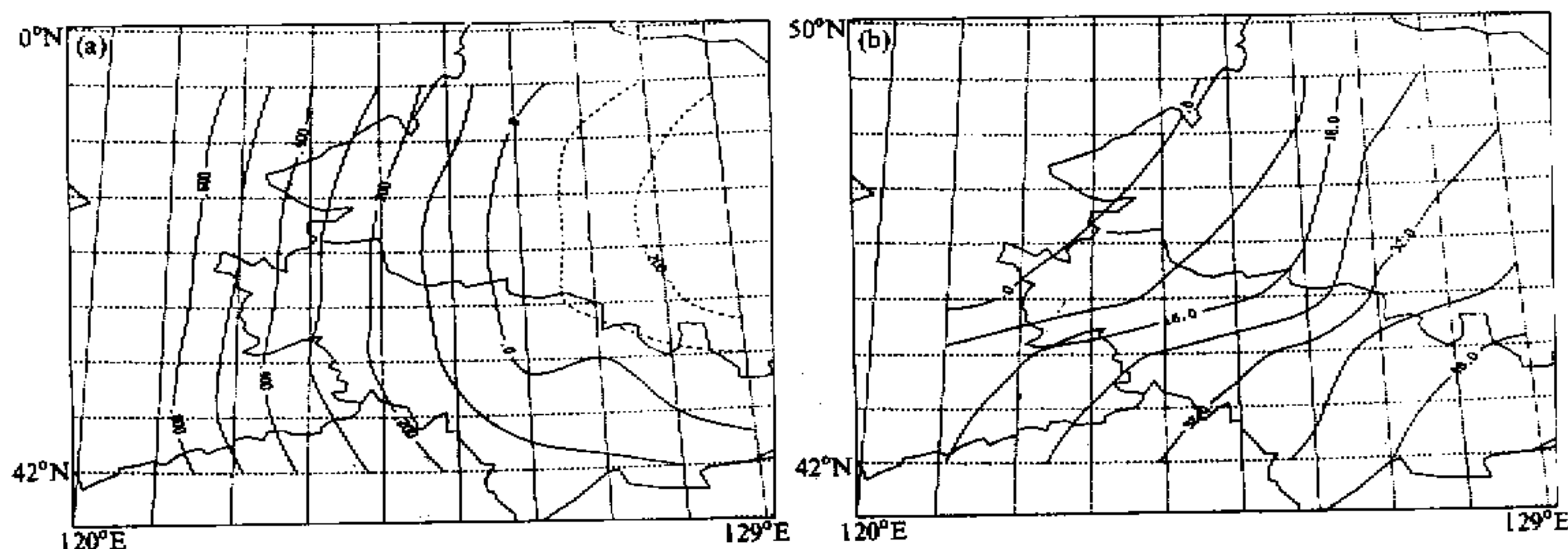


图3 NCAR 模拟下的研究区域温度 (a)、降水 (b) 变化情景

5 结果分析

(1) 图4为NCAR情景下玉米产量的空间分布状况。由图4可见,在东北地区西南近6个网格上,因水分条件有比较明显的改善,缓解了目前该区域水分严重亏缺的局面,且温度增加幅度较小,对玉米生育期的影响不大,从而增产较多,最

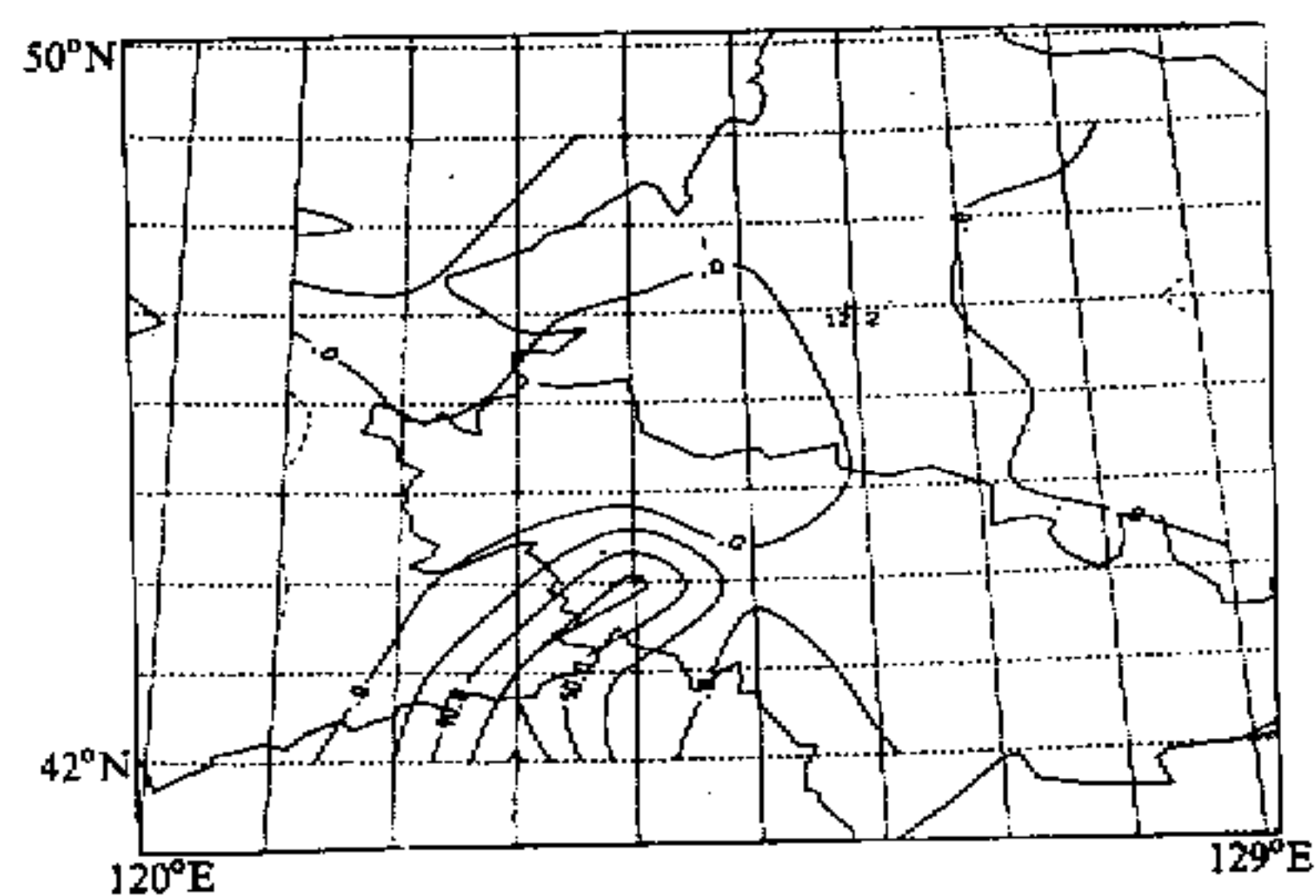


图4 NCAR 模拟情景下玉米产量的空间分布状况

多达60%; 47°N 以此, 126°E 以西区域, 因热量条件较当前有所改善, 增产在10%左右。其它地区当前水分充足, 水分条件的进一步提高对玉米生产影响不大, 而温度的少量增减 ($-0.2 \sim 0.2^{\circ}\text{C}$) 没有对玉米生产产生太大的影响, 故未来玉米产量维持当前产量水平。

(2) DKRZ OPYC 情景与 NCAR

情景差异较大, 因此模拟的玉米产量升降幅度及空间分布也有很大不同 (图 5a)。DKRZ OPYC 情景下的产量变化曲线大体呈纬向分布, 在中西部地区温度上升, 发育速度加快, 生育期缩短, 因目前玉米品种的限制, 难以充分利用未来丰裕的热量资源; 加之降水减少, 水分状况进一步恶化, 未来不利的水、热条件同步变化将有可能导致玉米产量大幅度下降, 根据模拟计算, 最高达 55%。而北部地区热量条件的改变, 弥补了当前玉米生产热量需求的不足, 其中西北区域降水增加在 10% 左右, 水分条件较当前有比较明显的改善, 故平均增产可近 70%, 个别地区更大; 东部增产幅度在 45% 左右。在改变作物品种参数的情况下 (图 5b, 种植较现在品种生育期更长的偏晚熟品种), 原减产区域的减产幅度有所下降, 部分地区还出现增产的势头, 表现在东部水分充足地区, 平均可增产 25% 左右; 中西部地区因气候变暖的正效应难以弥补水分不足产生的负效应, 仍有小幅度减产; 北部仍保持增产趋势。

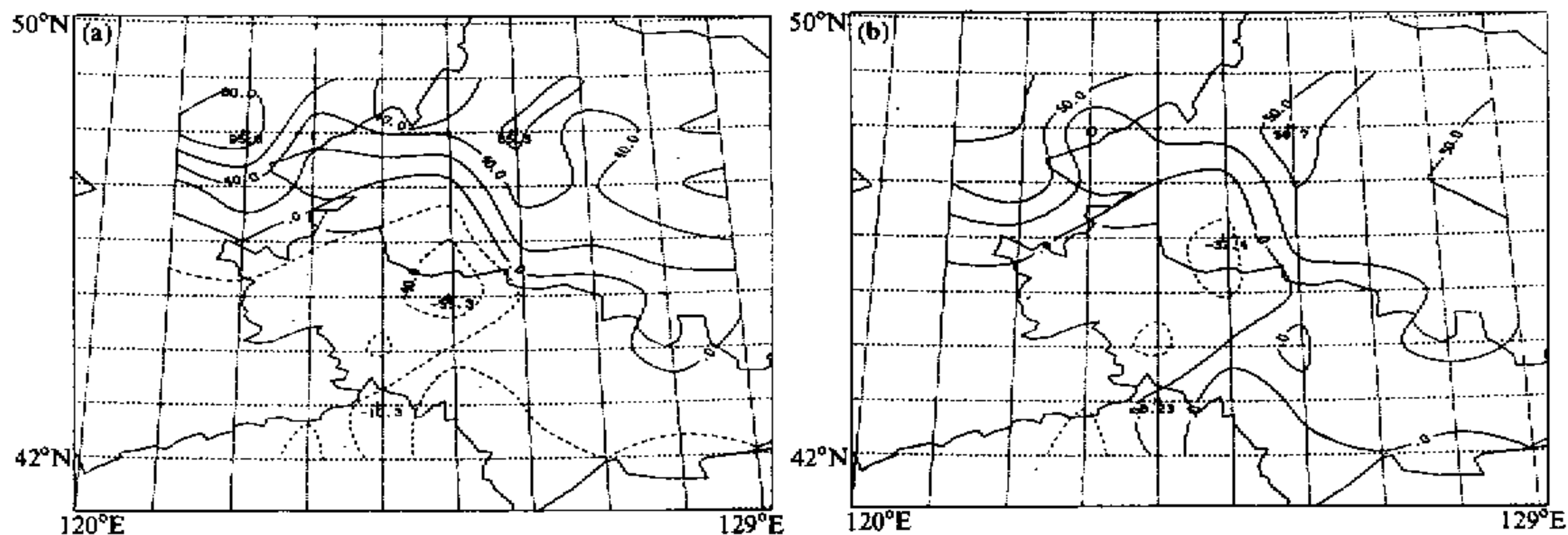


图 5 DKRZ OPYC 模拟的气候变化情景下研究区域产量变化分布状况
(a) 不做适应性调整; (b) 做适应性调整

(3) 未来春季温度上升, 春玉米的播种期有望提前以充分利用热量资源, 争取农业的增产。但东北地区目前春旱普遍较为严重, 必须考虑播种期间的水分条件对播种的限制作用。通过计算湿润系数, 对东北地区春旱进行旱情划分。东北地区中西部湿润系数均小于 0.65, 为春旱严重的地区, 约占总面积的 65%。在 DKRZ OPYC 情景下, 降水的少量增加难以抵消因温度上升而导致的蒸发失水, 未来东北地区春旱面积更大, 旱情更重, 未来降水减少的地区这种情形将更为严峻。干旱使种子不能正常出苗, 造成缺苗断垅; 或使幼苗生长不良, 发育缓慢, 甚至受旱枯死; 严重春旱年要等下透雨后才能播种。因此, 未来提前播种须视各地的墒情而定, 不可因温度升高, 热量条件的改善而盲目提前播种, 而应当保墒, 趁墒抢种, 适时播种, 只有这样才能发挥玉米生产的气候优势。利用 NCAR 模拟结果计算出来的湿润系数表明, 未来东北地区除西北角旱情加重之外, 大部分地区春旱能得到缓解, 这将对春玉米的提前播种有利。

6 结束语

研究表明, 在当前农业生产实际情况下, 未来气候变暖将不利于东北区域大部分

地区春玉米的生产, 只有北部少数地区将受益于未来水、热条件的改善。而采取改变作物品种以及在适宜条件下提前播种的措施能部分减缓因气候变暖, 生育期缩短而导致的减产, 有些地区甚至增产。因此, 在采取适应性对策的前提下, 未来气候变暖将给东北区域大部分地区带来正效应, 少量地区将因水分条件未能得到明显改善而影响未来热量资源的开发利用。由此可以看出, 采取适应性对策对减缓气候变化的负效应, 充分发挥其正效应, 趋利避害, 争取在未来气候条件下农业稳定高产和持续发展是非常重要的。

未来气候变化不仅是未来气候平均状况的变化, 还应包括未来气候变异的变化。毫无疑问, 未来气候变异的变化也将对农业生产产生深远影响, 因为一些农业气象灾害, 从某种程度上讲, 主要受制于气候变异而非平均气候状况。因此, 加强未来气候变异的变化以及气候变异对主要农业气象灾害发生频率、强度的影响的研究具有重要意义。

此外, 本研究所选用的春玉米生长模拟模式尚需进一步改进和完善, 考虑灌溉、施肥和病虫害等对春玉米生产的可能影响, 才能更全面地反映农业生产的实际状况, 增强作物模式的模拟和预测能力。

总之, 本文扼要介绍了春玉米生长模拟模式与大气环流模式相联接进行气候变化对我国东北地区春玉米可能影响的模拟评估思路和方法, 得到了一些初步结果, 更多、更全面和更完善的研究还有待于进一步探讨, 以期获得符合实际生产情况的更客观的研究成果。

参 考 文 献

- 1 邓根云, 1993, 气候变化对中国农业的影响, 北京: 北京科学技术出版社, 45~51.
- 2 高素华等, 1991, 中国气候变化对农业影响的试验与研究, 北京: 气象出版社, 23~29.
- 3 Williams, G. D. V. et al., 1987, *Estimating Effects of Climatic Change on Agriculture in Saskatchewan, Canada*, IIASA / UNEP4.
- 4 Wolf, J. et al., 1994, Effects of climate change on silage maize production potential in the European Community, *Agricultural and Forest Meteorology*, 71, 1324~1345.
- 5 王德棠, 1996, 气候变化对我国农业影响的研究, 北京: 气象出版社, 19~26.
- 6 韦鹤平, 1987, 最优化技术应用, 上海: 同济大学出版社, 34.
- 7 欧阳海等, 1990, 农业气候学, 北京: 气象出版社, 151.
- 8 裴步祥, 1985, 蒸发与蒸散的测定与计算, 北京: 气象出版社, 98.

Simulation Experiment of Impact Assessing on Linking of GCM and Spring Growth Simulation Model

Xia Xiang'ao

(Tianjin Academy of Meteorological Sciences, Tianjin 300074)

Wang Futang

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract The validation and sensitivity analyses of a Spring Maize Growth Simulation model along with the historical climate data and the future climate scenario based on the outputs of GCMs (DKRZ

OPYC and NCAR), numerical simulation experiments of grids were carried out for the potential impacts of warming climate on the spring maize production in Northeast China. The effects of some adaptive measures (changing sowing data and cultivar type) and capacity of the crop model was assessed. The results are that yields of spring maize will decrease with various degrees in large parts of the researched areas without adapting appropriate policies, with a range from $-10\% \sim -50\%$; the greater production will be obtained by varieties with a long growth duration; advancing sowing date, if moisture condition possible, will be advantageous to taking full use of the future favorable thermal resources, as well as the production of spring maize.

Key words climate change Spring Maize Growth Simulation model Northeast of China simulation experiment