大气科学学报 2021 年 第 44 卷 第 5 期:650-653
专 题 http://dqkxxb.cnjournals.org

对 IPCC 第六次评估报告中有关干旱变化的解读

姜大膀*,王晓欣
中国科学院 大气物理研究所,北京 100029
*联系人,E-mail:jiangdb@mail.iap.ac.cn

2021-08-10 收稿,2021-08-13 接受
国家自然科学基金资助项目(41991284)

摘要 政府间气候变化专门委员会(IPCC)于 2021 年 8 月发布了第六次评估报告(AR6)自然科学基础卷的决策者摘要,主要对自 2013 年第五次评估报告(AR5)以来的气候变化科学研究进展进行了系统的评估,并使用新一代气候模式在新的共享社会经济路径情景下对未来气候变化进行了预估。本文基于 AR5 和 AR6 相关章节素材,解读了干旱变化的评估结论。

关键词
政府间气候变化专门委员会(IPCC);
评估报告;
气候变化;
干旱

干旱对社会经济和生态系统等方面有重要的影响,是气候变化研究领域的前沿问题。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次评估报告(AR6;Douville et al.,2021)评估了有关全球和区域尺度上干旱变化的科研工作,包括观测到的变化及其原因、未来变化预估及其不确定性、以及发生突变的可能性。以下是主要评估结论。

1 干旱变化的物理基础

干旱与温度、降水、风速、湿度和植被等要素密切相关,按照其成因和影响可以分为不同类型,主要包括气象干旱、水文干旱、生物物理干旱、农业生态干旱等。AR6 指出,基于历史观测和 21 世纪模式模拟试验,全球尺度上陆地升温造成了大气蒸发需求和干旱事件强度的增加(高信度);陆地增温幅度高于海洋进而影响了大气环流,总体上使得近地表的相对湿度降低,导致区域性干旱事件的发生(高信度);大气中 CO_2 的增加可以促进植物生长和提高水分利用效率,但是对这些因素如何共同影响区域水循环变化的认识当下只有低信度。

2 观测的干旱变化及原因

第五次评估报告(AR5;IPCC,2013)指出,第四次评估报告(AR4;IPCC,2007)关于 20 世纪 70 年代以来全球干旱增加趋势这一结论可能被夸大了,并且由于观测的不确定性、在干旱长期趋势中辨别年代际尺度变率的困难,20 世纪中期以来全球陆地干旱变化可归因于人类影响的结论只具有低信度。

自 AR5 以来,新的卫星产品、陆面再分析资料和陆面模式被用来研究全球范围内土壤湿度的变化。AR6 指出,人为强迫很可能影响了 20 世纪全球尺度的土壤湿度变化,主要通过增加蒸散发和/或大气蒸发需求。温度升高、相对湿度降低、净辐射增加联合导致了大气蒸发需求增加,进而引起蒸散发增大(高信度);这造成了旱季全球陆地大部分区域可用水量的减少,这其中有人类活动的影响(中等信度)。干旱在不同区域上变化趋势的信度和归因结果差别很大。降水不是影响过去几十年全球尺度上干旱趋势的主要驱动因素(中等信度),但它在少数区域主导了干旱趋势(南美东北部:高信度;非洲大部、南美季风区、南美南部、亚洲南部:中等信度)。几乎全球陆地区域(中等信度)都观测到农业

引用格式:姜大膀,王晓欣,2021.对 IPCC 第六次评估报告中有关干旱变化的解读[J].大气科学学报,44(5):650-653.
Jiang D B,Wang X X,2021.A brief interpretation of drought change from IPCC Sixth Assessment Report[J].Trans Atmos Sci,44(5):650-653.doi:10.13878/j.cnki.dqkxxb.20210810007.(in Chinese).

生态干旱的增加,除了澳大利亚北部(中等信度);一些区域亦观测到了水文干旱的增加趋势(地中海:高信度;非洲西部、亚洲东部、澳大利亚南部:中等信度)。有证据表明,人类引起的气候变化造成了地中海和北美西部农业生态干旱、地中海水文干旱的增加(中等信度)。整体上,过去几十年以来,地中海、北美西部、非洲南部和澳大利亚西南部干旱频率和强度的增加可以归因于人为全球变暖(高信度)。古气候证据表明,在北美西部和地中海局部,最近的气候变暖已经引发了与过去千年代用资料重建结果中相近或更为严重的干旱(中等信度)。

3 未来干旱变化预估

AR5 指出,与水循环的其他方面相比,在全球和区域尺度上,对以土壤湿度来表征的干旱的预估不确定性更大;在高典型浓度路径 RCP8.5 情景下,当前干旱区的干旱程度到 2100 年可能会增加(中等信度),这与预估的全球和区域尺度上土壤湿度下降有关;土壤湿度可能在地中海、美国西南部和非洲南部减少的最为显著。

国际耦合模式比较计划第六阶段(CMIP6)模式对干旱的预估与之前 CMIP5 模式的预估在很大程度上一致。AR6 指出,饱和水汽压亏缺和蒸发需求在 21 世纪将会增加,并且幅度在更高社会经济共享路径(SSP)下更大(高信度)(图 1)。在包括地中海、非洲南部、北美西南部、南美西南部、澳大利亚西南部以及中美洲和亚马孙盆地的半干旱、冬季多雨地区,土壤湿度在 21 世纪将会减少(高信度)。通常情况下,这些地区由于降水减少(中等信度)和蒸发需求增加(高信度),将变得更干燥。同样在以上地区,干旱的持续时间和/或严重程度可能会增加(高信度)。预估的干旱变化幅度与不同的排放情

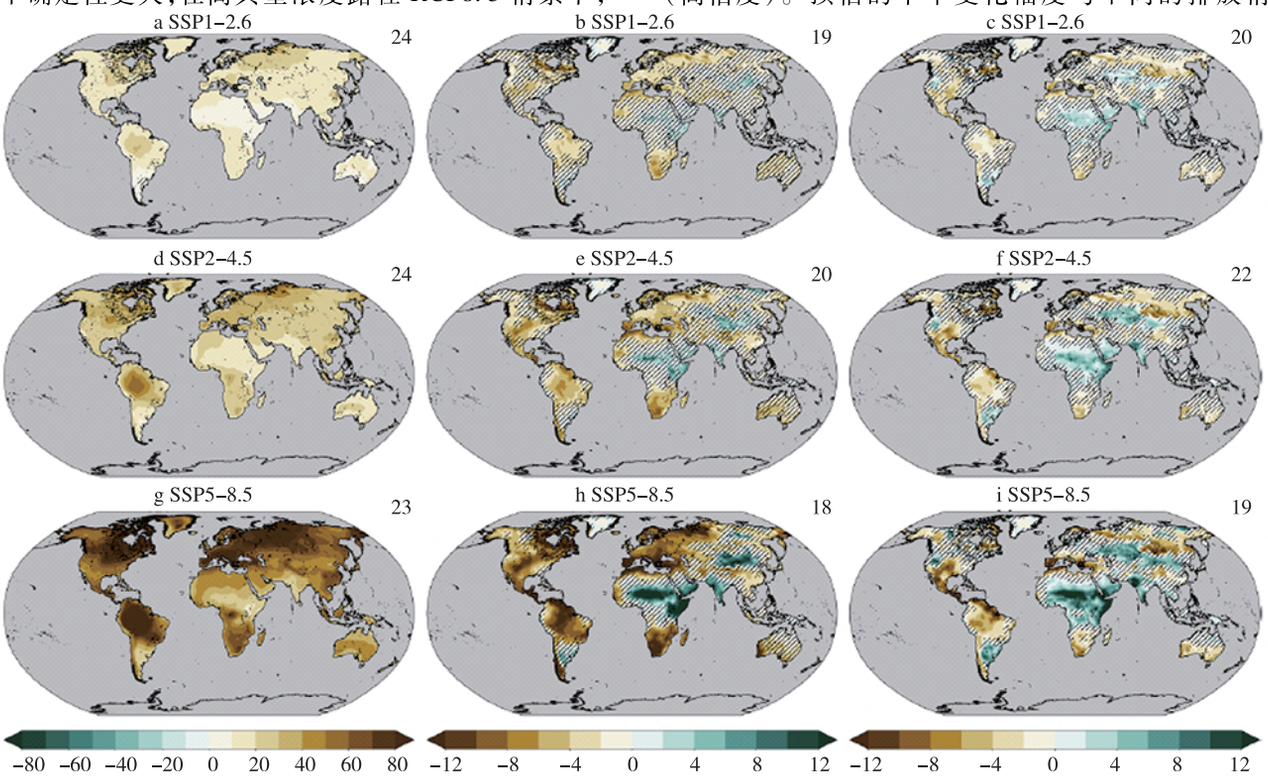

图 1 在 SSP1-2.6(a,b,c)、SSP2-4.5(d,e,f)和 SSP5-8.5(g,h,i)情景下,CMIP6 模式预估的全球年平均饱和水汽压亏缺(a,d,g)、表层 10 cm 土壤湿度(b,e,h)和整层土壤湿度(c,f,i)的相对变化(单位:%;阴影表示集合平均具有非确凿性变化的区域,这是基于 Knutti and Sedláček(2013)的确凿性准则,并使用 $R=0.90$ 的截止值;右上角数字表示参与计算的 CMIP6 模式个数;以上结果为 2081—2100 年相对 1995—2014 年的变化(Douville et al.,2021))

Fig.1 Global maps of projected relative changes (units:%) in annual mean (a,d,g) vapor pressure deficit, (b,e,h) top 10 cm soil moisture and (c,f,i) total column soil moisture from CMIP6 models for the (a,b,c) SSP1-2.6, (d,e,f) SSP2-4.5 and (g,h,i) SSP5-8.5 scenarios respectively (Hatching indicates regions with non-robust changes in the ensemble mean, based on the robustness criteria of Knutti and Sedláček (2013) and using a cutoff of $R=0.90$. Numbers in the upper right corner indicate the numbers of CMIP6 models used for analysis. All changes are estimated as 2081—2100 relative to 1995—2014 (Douville et al.,2021))

景紧密相关(高信度),但即使在低 SSP 情景下,干旱亦将发生很大变化(高信度),并对区域水资源供应、农业和生态系统造成影响。在地中海、智利中部、北美西部,未来的干旱化程度将远高于过去千年的变化(高信度)。

同时,随着全球变暖,干旱发生频率增多、强度增加、影响范围随之扩大(高信度)。AR6 报告(Seneviratne, et al., 2021)强化了《IPCC 全球升温 1.5 ℃特别报告》(SR15;IPCC,2018)的结论,即使全球变暖水平稳定在 1.5~2.0 ℃(高信度),一些地区仍将经历更频繁和更严重的农业生态干旱,受影响最严重的地区包括欧洲中西部、地中海、澳大利亚东部和南部、南美洲大部、中美洲、北美中部、非洲西南部(中等信度)。当全球变暖达 4 ℃时,约 50%的人类居住区将受到农业生态干旱影响(欧洲中西部、地中海、澳大利亚大部、亚洲大部、中美和南美大部、北美大部、非洲南部:中等信度或更高),只有非洲东北部和亚洲南部将经历更少的农业生态干旱(中等信度)。相比较而言,气象干旱的影响区域总体上要小于农业生态干旱的影响范围。在有限的土壤湿度和大气蒸发需求增强的条件下,利用增加的大气 CO_2 浓度能提高植物水分利用效率(中等信度),从而缓解极端农业生态干旱(低信度)。在更高排放情景下,特别在全球变暖超过 4 ℃水平下,受土壤湿度限制及相关干旱条件影响,一些地区的陆地碳汇的效率将降低,这具有高信度。

4　与干旱相关的水循环预估的不确定性

自 AR5 以来,新一代气候和地球系统模式对大尺度大气环流等方面的模拟能力有一定改进,但它们在准确模拟当前水循环和预估其未来变化的一致性方面仍存在局限性(高信度)。AR6 指出,全球气候模式水平分辨率的提高可以改进其对小尺度过程和日降水量的模拟能力(高信度)。高分辨率的全球、区域和水文模式对地形、植被和土地利用变化等陆面条件有更精确的描述,使得它们对陆地水循环变化的模拟更加准确(高信度)。在多数区域,陆面过程仍然是模式模拟陆地水循环变化不确定性的重要来源(中等信度)。气溶胶微物理效应对于未来降水变化预估的影响仅具有低信度。

具有高信度的是,内部气候变率将继续是短期水循环预估不确定性的主要来源。在多数陆地区域,由于内部气候变率通常难以预测,对水循环的年代际预测仅具有低信度。已经从内部变率中显现出来的水循环变化将在近期变得更加明显,除非大型火山爆发的冷却效应引起水循环的暂时性变化(高信度)。与其他来源相比,火山爆发不是未来水循环变化预估不确定性的主要来源(高信度)。

非线性的大气和陆面过程也是未来水循环变化预估不确定性的来源。具有高信度的是,全球变暖幅度每增加 0.5 ℃,大尺度环流和降水的变化将会增强。由于多种强迫和不同时间尺度之间的相互作用(高信度)和非线性大气过程(中等信度),区域水循环变化可能与全球变暖之间具有非线性关系。例如,地中海地区的干旱对大尺度大气环流的快速变化高度敏感,因此容易受到这种非线性的影响。

5　可能存在的与干旱相关的水循环突变

AR6 指出,不能排除人类影响引发的水循环突变。古气候记录显示,大西洋经向翻转环流(AMOC)崩溃会造成全球水循环的突变(高信度)。到 2100 年,在低信度下,AMOC 会发生崩溃,如果这种情形发生,则很可能会使全球水循环产生突变。陆面正反馈过程,包括植被、沙尘和雪,可以引起干旱的突变,但这种突变将在 21 世纪发生仅具有低信度。目前仅有限的证据表明亚马孙森林砍伐可以导致区域水循环的快速变化,所以在 2100 年之前发生这一突变仅具有低信度。另外,太阳辐射管理(SRM)技术可以驱动水循环的突变(高信度)。如果 SRM 技术迅速实施或突然终止,很可能会导致水循环突变,尤其在热带地区。

6　小结和讨论

总体上,AR6 报告基于更新的卫星数据、时间更长且覆盖面更广的观测及再分析资料、更加先进和丰富的 CMIP6 模式模拟试验,量化给出了全球和区域尺度上的干旱变化;相比于 AR5,AR6 有关人类活动影响全球和区域尺度上干旱变化这一结论更加确定。

CMIP6 多模式之间由于模式动力框架和物理过程等方面的不同,预估结果彼此间仍存在差异。随着气候和地球系统模式的发展,耦合的分量模式增加,存在的不确定性因子亦增多,从而影响预估的准确性。如何在气候变化预估中准确量化不确定性,是未来需要重点关注的科学问题。

参考文献(References)

Douville H,Raghavan K,Renwick J,et al.,2021.Water cycle changes [M/OL]//IPCC.Climate change 2021:the physical science basis.Cambridge:Cambridge University Press.(in press).

IPCC,2007.Climate change 2007:the physical science basis[R].Cambridge:Cambridge University Press.

IPCC,2013.Climate change 2013:the physical science basis[R].Cambridge,UK and New York,USA:Cambridge University Press.

IPCC,2018."Summary for Policymakers" in global warming of 1.5 °C.An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways,in the context of strengthening the global response to the threat of climate change,sustainable development,and efforts to eradicate poverty[R].Korea.

Knutti R,Sedlácek J,2013.Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections[J].Nature Climate Change,3:369-373.

Seneviratne S,Zhang X,Adnan M,et al.,2021.Weather and climate extreme events in a changing climate [M/OL]//IPCC.Climate change 2021:the physical science basis.Cambridge:Cambridge University Press.(in press).

A brief interpretation of drought change from IPCC Sixth Assessment Report

JIANG Dabang,WANG Xiaoxin

Institute of Atmospheric Physics,Chinese Academy of Sciences,Beijing 100029,*China*

In August 2021,the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) released the Summary for Policymakers of the Physical Science Basis in the Sixth Assessment Report (AR6),which mainly made a systematic assessment of the scientific research progress of climate change since the Fifth Assessment Report (AR5) in 2013,and used the new generation climate model to project future climate change under the new shared socio-economic path scenario.Based on the materials of relevant chapters in AR5 and AR6,this paper interpreted the assessment conclusion of drought change.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC);assessment report;climate change;drought

doi:10.13878/j.cnki.dqkxxb.20210810007

(责任编辑:张福颖)