

陆面过程模型 CoLM 与 BATS1e 的模拟精度比较 ——以东北玉米农田为例

蔡 福¹, 明惠青², 米 娜¹, 李荣平¹, 张玉书¹

(1. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 辽宁 沈阳 110166; 2. 辽宁省气象服务中心, 辽宁 沈阳 110166)

摘要: 利用2008年锦州玉米农田生态系统野外观测站资料对 CoLM 与 BATS1e 模型模拟能力进行定量评价。比较发现: 两模型对净辐射和表层土壤温度的模拟精度都较高且差异不大, CoLM 模型对感热、潜热、土壤热通量、次表层土壤温度模拟能力都不同程度高于 BATS1e 模型, 模拟值对实测值解释能力分别偏高3%、22%、1%、10%, NS (Nash-sutcliffe 效率系数) 分别偏高 1.042、0.266、0.023、0.138。从各月情况看, 两模型在7月对感热、潜热模拟能力都较高, 而在其它月份 CoLM 模型模拟精度明显高于 BATS1e 模型, 土壤热通量和次表层土壤温度在5~8月前者模拟精度高于后者。由于 CoLM 模型对潜热更高精度的模拟可证明其对表层土壤湿度模拟精度高于 BATS1e 模型。

关键词: CoLM 模型; BATS1e 模型; 东北玉米农田; 模拟精度比较

中图分类号: P404 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2014)06-0740-08

不断完善和发展陆面过程模型是改进气候模式及开展全球气候变化研究的迫切需要^[1,2]。随着国际地圈-生物圈计划(IGBP)、全球能量和水分循环试验(GEWEX)等计划的启动、不同类型下垫面的大量野外观测试验的不断开展^[3-5], 陆面过程模型研究得到快速发展。经历了第一代的吊桶模型(bucket model)和第二代的考虑植被生理作用的生物-大气传输模型(Biosphere Atmosphere Transfer Scheme, BATS)^[6]、简单生物圈模型(Simple Biosphere model, SiB)^[7]、简化的简单生物圈模型(Simplified Simple Biosphere model, SSiB)^[8]等模型之后, 考虑碳循环作用及植被生物化学过程的第三代陆面过程模型不断涌现, 如美国国家大气研究中心的陆面过程模型(NCAR LSM)、简单生物圈模型第二版(SiB2)^[9]、SiB3^[10,11]、通用陆面过程模型(Community Land Model, CLM3)^[12]、(Common Land Model, CoLM)^[13]等。在现有第三代陆面模式中, 戴永久等发展的 CoLM 是国际上最为先进的模型之一, 广泛应用于气候模式^[14], 由 Common Land Model 初始版本发展起来, 结合了公认较好的 LSM

(Land Surface Model)、BATS、IAP94 共3个模式的特点^[14], 经过不断改进, 模拟精度得到明显的提升, 辛羽飞等^[15]研究表明该模型对典型干旱区绿洲灌溉农业的陆面过程模拟较好, 王澄海等^[16]、罗斯琼等^[17]、肖瑶等^[18]对青藏高原多年冰土区陆面过程进行模拟认为该模型可以较成功模拟该地区能量分配。宋耀明等^[19]对中国温带混交林和亚热带人工针叶林模拟表明该模型能较好模拟出地表能量平衡的基本特征及潜热通量的日、季变化。从物理过程的描述及参数方案设计等方面 CoLM 模型较第二代模型都有了不同程度的完善, 而这些完善究竟会在陆面过程模拟中体现多大优势, 对各物理参量模拟精度提高幅度到底有多大, 目前还缺少实例进行定量评价。东北玉米农田因其冠层高度、叶面积指数、植被覆盖度等下垫面结构和状态随生育期的不断改变使辐射、水分、热量的分配和传输等物理过程随之变化, 加之种植范围广泛, 对局地大气环流和区域气候都会产生影响, 是非常典型的下垫面类型, 在陆面过程研究中具有极其重要的代表性^[20,21], 采用 CoLM 模型对其进行模拟可进一步验证该模型在不同下垫面的

收稿日期: 2013-05-02; **修订日期:** 2013-09-17

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2012IAE-CMA01)、青年科学基金项目(41305058, 31000230)和辽宁省科技农业攻关项目(2011210002)资助。

作者简介: 蔡 福(1980-), 男, 辽宁海城人, 博士, 副研究员, 从事应用气象、陆面过程及模型模拟研究。E-mail: caifu_80@163.com

通讯作者: 张玉书, 正研级高工。E-mail: yushuzhang@126.com

适用性。综上所述,本研究拟利用 CoLM 模型与第二代陆面模型中具有代表性的 BATS1e 模型以东北玉米农田下垫面为例进行模拟精度比较,以期为同类研究提供参考,同时为开展玉米农田下垫面陆气相互作用规律研究提供依据。

1 资料和方法

1.1 研究地点

锦州农田生态系统野外观测站(41°49'N, 121°12'E, 海拔 17 m)位于东北玉米带,属典型温带季风型气候,年平均气温 9.5℃,最冷月 1 月平均气温 -8.0℃,最热月 7 月平均气温 24.4℃,年降水量 565.9 mm,玉米生长季为 5~9 月,土壤为典型棕壤。站内建有 3.5 m 高的涡度相关观测系统和 5 m 高的气象梯度观测系统,前者配有三维超声风速仪(CSAT3, Campbell Scientific Ltd, USA)和快速响应红外 CO₂/H₂O 分析仪(Li-7500, Li Cor Inc, USA),可进行水热通量及 CO₂ 通量的观测;后者可进行 3.5 m 和 5 m 高度的气温、湿度和风速观测,4.5 m 高处的光合有效辐射观测,3.5 m 高处的净辐射观测,5 m 高度的风向观测,土壤剖面 5 cm、10 cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm 和 80 cm 处的土壤温度监测,以及 8 cm 处的地表热通量观测。站内同时还配备 EasyAG(CS615, Campbell Scientific Ltd, Edmonton, Alberta, Canada)土壤水分传感器,采用时域反射原理(Frequency Domain Reflectometry, FDR)对 10~40 cm 深度的土壤水分情况进行监测^[20]。

1.2 资料与试验设计

利用 2008 年气温、比湿、降水、风速、太阳总辐射、向下长波辐射、气压等气象要素对 2 模型驱动,其中气温、比湿来自气象梯度观测塔 5 m 高度资料,风速和气压来自涡度相关观测。通量观测系统测得的感热通量、经 WPL 校正后的潜热通量以及净辐射、土壤温湿度、土壤热通量资料用于模拟结果验证,上述资料均为通过质量控制后的 30 min 平均值^[21]。利用 2008 年全年资料对模型进行连续 10 次 spin-up,考虑玉米生育期在 5~9 月,因此本研究只针对该时段第 10 次模拟结果进行模型模拟精度比较,输出变量步长为 30 min。

1.3 模型介绍

BATS1e 模型^[6]为典型的单层大叶模型,包括 1 层植被、1 层雪盖和 3 层土壤,考虑了降雨、降雪、蒸发蒸散、径流、渗透、融雪等过程,对植被在陆-气之

间水热交换过程及生理过程进行较细致描述,已与多个大气环流模式耦合,应用非常广泛^[20]。CoLM 模型仔细地考虑了陆面的生态、水文等过程,对土壤-植被-积雪-大气之间能量与水分的传输进行了更好的描述,包括一层可实现光合作用的植被和一个底部达到 3.43 m 深的 10 层不均匀的垂直土壤及 5 层积雪。与 BATS1e 模型相比,计算叶面温度和气孔阻抗采用双大叶模型;在解决植被反照率产生的奇异点中采用二流近似,在计算辐射时区分了植被的阴、阳面;计算叶面温度采用新迭代算法;计算叶面截留水量时对对流降水和大尺度降水分开处理;考虑了冠层下的湍流传输,土壤水、热传导过程中的土壤基岩厚度,地表径流和次地表径流,土壤中植物根的分布和水压对植被抽吸土壤水的影响。两模型划分地表植被为 20 类,土壤质地为 12 类(沙土 1~粘土 12),土壤颜色为 8 类(淡 1~黑 8)。对玉米农田而言,上述 3 种属性值分别为 1、7 和 5。叶面积指数、覆盖度及其它地表参数为模型原始设定值。

1.4 模型模拟精度验证方法

为更直观比较模型对各输出变量的模拟精度,引入相对标准差(NSEE)、相对均方差(Relative Root Mean Square Error, RRMSE)^[22]和 Nash-Sutcliffe 效率系数(Nash-Sutcliffe Coefficient of efficiency, NS)^[23]作为判断指标。其中,NSEE 表征模拟值相对于实测值的离差程度^[24];RRMSE 代表模拟与观测间的相对偏差;NS 用于评价模型的效果,从负无穷大到 1,当模拟与观测之间的方差超过观测方差,则 NS<0;当模拟与观测之间方差趋近于 0,即 NS 趋近于 1,说明模型很好地模拟了观测值的变化。表达式分别为:

$$NSEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^n o_i^2}}, \quad RRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (o_i - m_i)^2}{n\bar{o}^2}}$$

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (o_i - m_i)^2}{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2} \quad (1)$$

m 为模拟值, o 为实测值, \bar{o} 为 o 均值, n 为样本数。

2 结果分析

2.1 净辐射

BATS1e 和 CoLM 模型中输出辐射分量有所

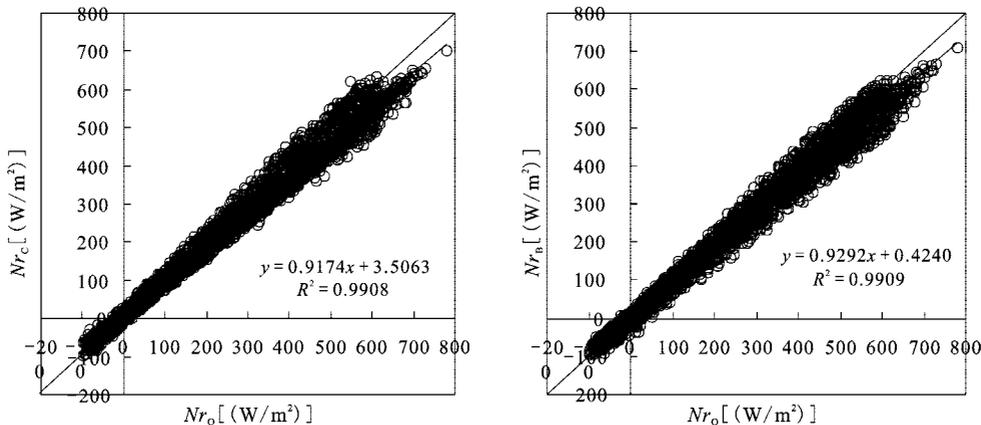
不同,因此选择共有的净辐射用于比较。由图1可见,2个模型对净辐射模拟精度都较高,其中BATS1e模型拟合相关系数略高于CoLM模型,而从辐射传输物理过程看后者优于前者,表明复杂的物理过程表达不总是获得更好的模拟效果,有时因计算的繁琐反而增大误差。从净辐射各月平均日变化(图2)情况看,两模型对5、6月净辐射模拟精度都很高,从7月份开始模拟值略低于实测值,其中9月误差达到最大,但总的来看,两模型对净辐射模拟精度都较高且相差不大。

2.2 土壤温度

由于BATS1e模型中土壤分层只有3层,对农田下垫面而言,表层10 cm,根层100 cm,全层1 000 cm。CoLM模型为不均匀土壤分层,其第3层下限约为9 cm,因此把表层3层求平均与BATS1e模型的表层相对应,第4层处于9~16 cm深度,基本可与BATS1e模型的次表层(10~20 cm)相对应,实测资料中5cm、10 cm与20 cm深度平均值分别用于土壤表层与次表层温度的模拟结果验

证,而根层和全层由于没有实测资料,因此这里不进行比较。由图3可见,对于表层土壤温度,CoLM模型拟合相关系数比BATS1e模型略高,但比例系数偏低且截距偏大,表明两模型模拟精度差异不大。对于次表层土壤温度,CoLM模型模拟精度明显高于BATS1e模型,对实测值解释能力提高10个百分点,表明更为精细的土壤分层对土壤温度模拟改善作用十分明显。

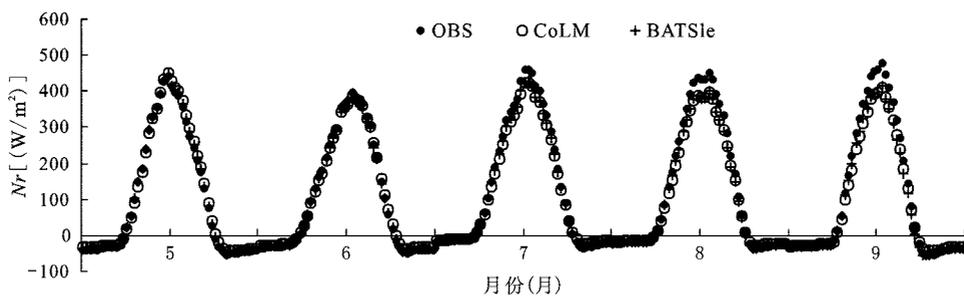
从各月平均日变化(图4)情况看,对于表层土壤温度,5~7月两模型都能较好的拟合其日变化特征,CoLM模型全天模拟精度都略高于BATS1e模型,8月份开始,两模型模拟误差都有所增大,9月达到最大,与实测值相比,在白天都有所高估,在夜间,CoLM模型表现为低估。虽然从数值上看CoLM模型对9月模拟精度小于BATS1e模型,但其日变化曲线形态与实测值非常接近,而后者日较差明显大于实测值。除9月外,CoLM模型能够很好的模拟出各月次表层土壤温度的日变化特征,其中5月和8月拟合精度较高,而BATS1e模型不能模拟出次表层土壤温



注: Nr代表净辐射; C、B、O 分别代表 CoLM、BATS1e 模拟值及实测值(下同)

图1 生长季净辐射模拟值对实测值拟合精度的比较

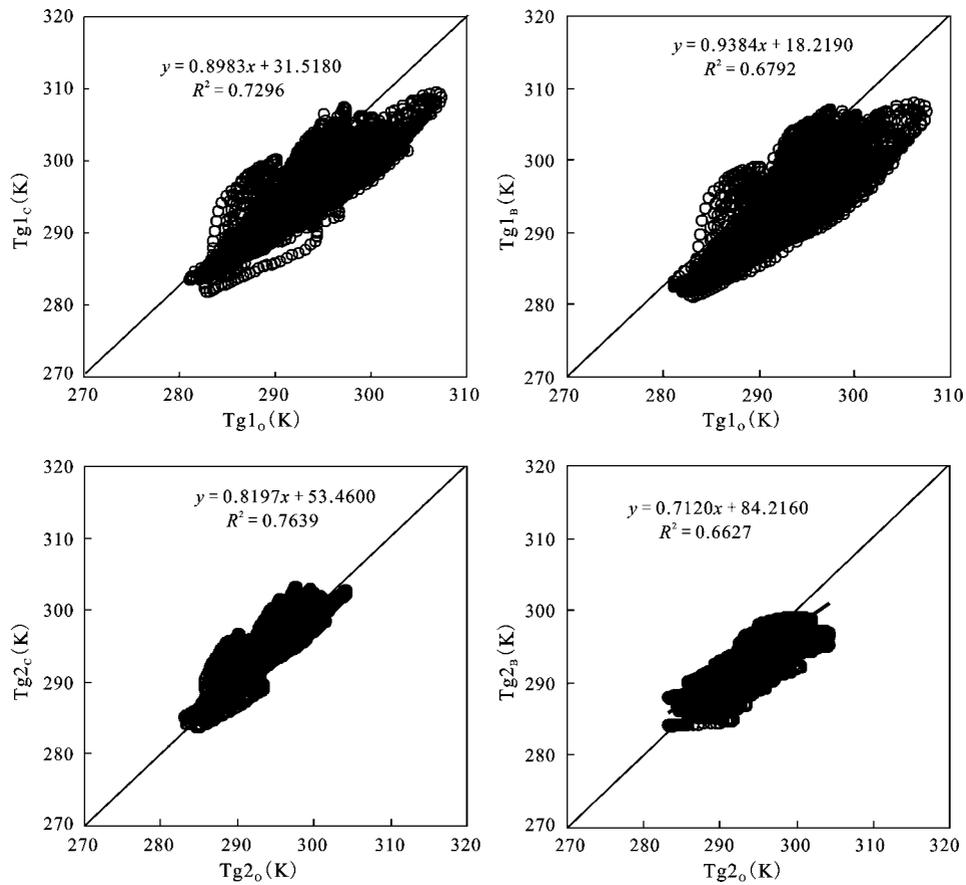
Fig.1 Comparison of fitting precisions of simulated to observed net radiation between the two models in growing season



注: OBS、CoLM、BATS 分别代表实测值、CoLM 模型模拟值、BATS1e 模型模拟值(下同)

图2 各月净辐射平均日变化模拟值与实测值的比较

Fig.2 Comparison of monthly mean diurnal variation of simulated and observed net radiation between the two models



注: Tg1 和 Tg2 分别为 0~10 cm 与 10~20 cm 土壤温度。

图3 生长季 0~10 cm(Tg1)和 10~20 cm(Tg2)土壤温度模拟值(C代表 CoLM, B代表 BATS1e)对实测值(O)拟合精度的比较

Fig.3 Comparisons of fitting precisions of simulated to observed surface (0-10 cm, Tg1) and subsurface soil (10-20 cm, Tg2) temperature between the two models in growing season

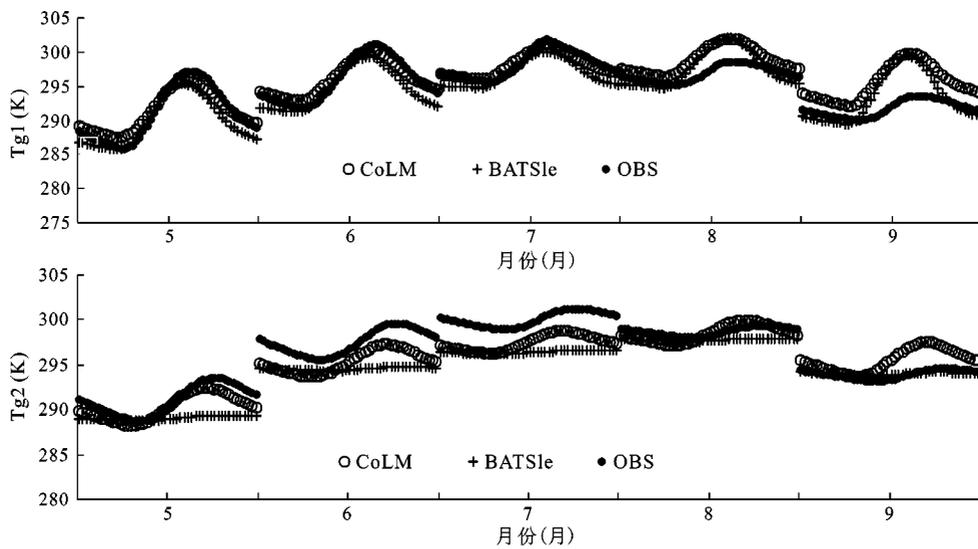


图4 各月 0~10 cm(Tg1)和 10~20 cm(Tg2)土壤温度平均日变化模拟值与实测值的比较

Fig.4 Comparison of monthly mean diurnal variation of simulated and observed surface(0-10 cm, Tg1) and subsurface(10-20 cm, Tg2) soil temperature between the two models

度的日变化。两模型在6、7月低估明显,在9月BATS1e模型与实测值拟合较好,而CoLM模型在白天有所高估。总体看,CoLM模型对土壤温度的模拟还是略好于BATS1e模型,尤其是深层土壤更明显。

2.3 热通量

图5、图6分别给出感热、潜热、土壤热通量及它们平均日变化模拟精度的比较情况。对于感热通量的模拟,CoLM模型明显优于BATS1e模型,模拟值对实测值解释能力分别为75%和71%,前者比例系数更接近1,且截距明显小于后者;从平均日变化的模拟情况看,CoLM模型在7、8、9月份

都能对感热通量进行很高精度的模拟,在5、6月模拟误差相对偏大;而对于BATS1e模型,除7月模拟精度较高外,其它各月模拟误差都不同程度大于CoLM模型,在5、6月份高估尤为明显。总的来看,CoLM模型对感热通量模拟精度明显高于BATS1e模型。

对于潜热通量,CoLM模型模拟值对实测值解释能力约为75%,高于BATS1e模型约22%,拟合比例系数更接近1。从各月平均日变化的模拟情况看,CoLM模型在5~7月模拟值与实测值非常接近,在8、9月不同程度低估。而BATS1e模型除了

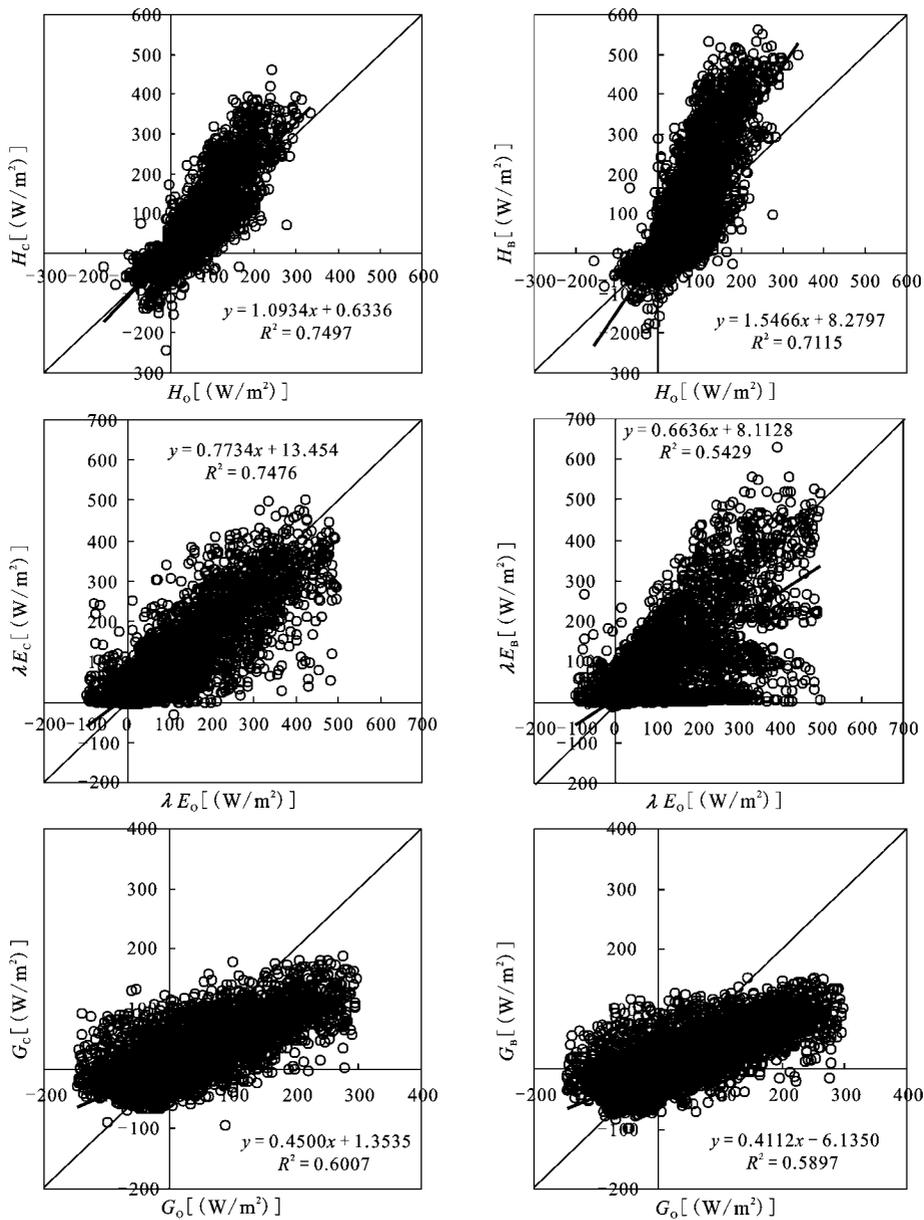


图5 生长季感热(H)、潜热(λE)及地表热通量(G)模拟值对实测值(O)拟合精度的比较
 Fig.5 Comparisons of fitting precisions of simulated to observed sensible(H), latent(λE), soil heat fluxes(G) between the two models in growing season

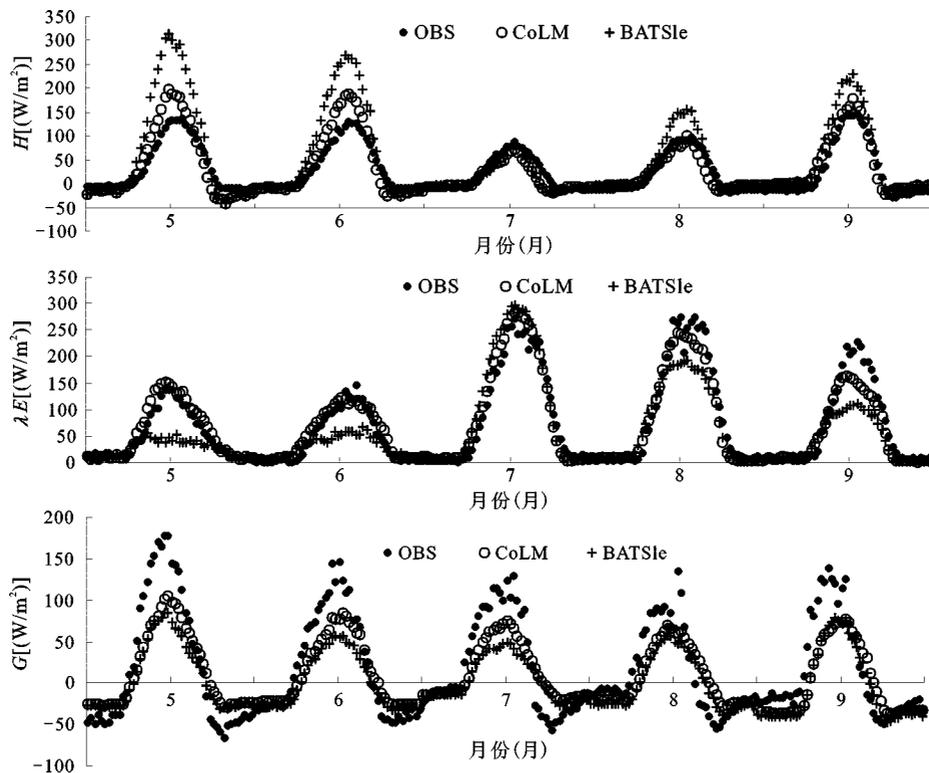


图6 各月感热(H)、潜热(λE)及地表热通量(G)平均日变化模拟值与实测值的比较

Fig.6 Comparison of monthly mean diurnal variation of simulated and observed sensible(H), latent(λE), soil heat fluxes(G) between the two models

7月拟合精度较高外,其它各月都存在较大幅度的低估,模拟精度明显低于 CoLM 模型。对土壤热通量的模拟,两模型都有较大误差,CoLM 模型精度稍高于 BATS1e 模型,模拟值对实测值的拟合相关系数分别为 60%和 59%。从各月平均日变化模拟情况来看,在白天两模型都不同程度低估,夜间大部分时段有所高估,其中 5~7 月 CoLM 模型精度高于 BATS1e 模型,8、9 月二者差异不明显。

2.4 土壤湿度

对于土壤湿度的比较,考虑到 CoLM 模型中土壤分层与 BATS1e 模型差异较大,因此在模拟比较时把 CoLM 模型第 1 至第 3 层土壤湿度进行加权平均得到约为 9 cm 以上土层的平均体积含水量,这与 BAST1e 模型表层土壤体积含水量(SSW)基本相对应。由于土壤湿度观测探头只能测得 10 cm 深处值,模型中是一个层次的平均值,而实测的则为某一深度值,因此,实测值无法与模拟值进行比较。这里只给出两模型模拟值的比较情况(图 7),CoLM 模型模拟值略大于 BATS1e 模型,从图 6 中潜热模拟情况看,BATS1e 模型对潜热的明显低

估很大程度上与表层土壤湿度的低估有关,而 CoLM 模型潜热的更真实模拟也反映了土壤湿度模拟的合理性,基于此,可以证明 CoLM 模型对土壤湿度模拟要好于 BATS1e 模型。

2.5 模型模拟精度定量比较

通过 NS、RRMSE 及 NSEE 3 种判断模型精度的指标对两模型生长季内各要素模拟精度进行定量评价表明(见表 1),从 NS 值来看,两模型对净辐射、次表层土壤温度、表层土壤温度、潜热通量模拟能力递减,模拟精度相对较高,NS 都为正值,但对土壤热通量模拟能力较差,而模型间感热通量模拟精度差异最为明显。从 RRMSE 和 NSEE 值上看,净辐射、表层和次表层土壤温度误差最小,土壤热通量误差最大。通过比较两模型模拟精度发现,对于 CoLM 模型,除净辐射和表层土壤温度模拟精度略低于 BATS1e 模型以外,其它要素模拟精度都不同程度高于后者,次表层土壤温度、感热通量、潜热通量和土壤热通量的 NS 值分别偏高 0.138、1.042、0.266、0.023,其中感热通量模拟精度提高最为明显。

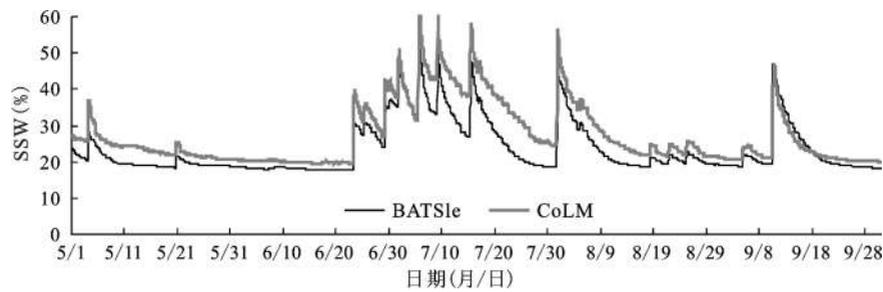


图7 生长季两模型表层土壤湿度模拟值比较

Fig.7 Comparisons of simulated surface soil water content between the two models in growing season

表1 模型模拟精度比较

Table 1 Comparisons of simulation accuracy between the two models

	Nr_c	Nr_B	$Tg1_c$	$Tg1_B$	$Tg2_c$	$Tg2_B$	H_c	H_B	λE_c	λE_B	G_c	G_B
NS	0.984	0.986	0.548	0.580	0.756	0.618	0.564	-0.478	0.673	0.407	-0.179	-0.202
RRMSE	0.215	0.208	0.009	0.009	0.007	0.008	1.480	2.724	0.816	1.098	5.299	5.352
NSEE	0.108	0.104	0.010	0.009	0.007	0.008	0.604	1.113	0.473	0.636	1.064	1.074

3 结论与讨论

利用 CoLM 模型与 BATS1e 模型对玉米农田生长季陆面辐射、地表温湿度及热通量等要素进行模拟,通过比较模拟值与实测值拟合相关系数、相对标准差(NSEE)、相对均方差(RRMSE)和 NS 效率系数(NS)等指标对两模型模拟精度进行评价,得出以下几点结论:

1) 两模型对辐射模拟能力差异不大,二者都能对净辐射进行较精确的模拟,从各月模拟情况看,8、9月模拟误差略大。

2) 两模型对表层土壤温度都能较好的模拟,模拟精度差异不大;CoLM模型由于精细化的土壤分层使其对较深层土壤温度模拟精度明显高于 BATS1e 模型,模型解释能力较后者提高 10%,可很好的模拟出温度的日动态变化特征。

3) CoLM 模型对感热和潜热通量模拟精度高于 BATS1e 模型,模拟值对实测值解释能力分别高于后者 3% 和 22%, NS 值较后者偏高 1.042 和 0.266。表现其优势最明显的月份分别是 5 月和 6 月。对于土壤热通量,CoLM 模型解释能力高于 BATS1e 模型 1%,其中 5~7 月精度提高最为明显。对于表层土壤湿度的模拟,CoLM 模型模拟值略大于 BATS1e 模型,因前者对潜热较精确的模拟可证明其对土壤湿度模拟精度大于后者。

CoLM 模型中机理性更强的二流辐射传输方案由于复杂的计算过程及过多的参数所引起更多

的不确定性可能是造成净辐射模拟精度改善不明显的重要原因。土壤不同深度温度和湿度的实测资料与模型分层的不一致将对模型模拟精度比较造成不确定性。从两模型对各变量模拟情况来看,CoLM 模型对陆面过程的模拟总体上要优于 BATS1e 模型,这是其对陆面过程更为合理的描述及更为优化的参数化方案共同作用的结果。通过本研究的开展实现了对 CoLM 模型在农田下垫面适应性的定量评价,可为同类研究提供重要的资料补充,同时进一步阐明不同模型在陆面过程模拟中的优缺点,为同类研究提供理论参考。

参考文献:

- [1] 孙菽芬.陆面过程的物理、生化机制和参数化模型[M].北京:气象出版社,2005:307.
- [2] 涂 钢,刘 波,王淑瑜.基于陆面模式 NCAR/CLM3.5 的东北区域生长季地表干湿状况时空分布特征模拟研究[J].地理科学,2012,32(6):746~751.
- [3] 孙鸿烈.中国生态系统研究网络为生态系统评估提供科技支撑[J].资源科学,2006,28(4):2~3.
- [4] 胡国杰,赵 林,李 韧,等.基于 COUPMODEL 模型的冻融土壤水热耦合模拟研究[J].地理科学,2013,33(3):356~362.
- [5] 于贵瑞,方华军,伏玉玲,等.区域尺度陆地生态系统碳收支及其循环过程研究进展[J].生态学报,2011,31(19):5449~5459.
- [6] Dickinson R E, Henderson-Sellers A, Kennedy P J. Biosphere Atmosphere Transfer Scheme (BATS) Version 1e as Coupled to the NCAR Community Climate Model[R/OL]. NCAR Technical Note, NCARPTN-387 + STR,1993. <http://nldr.library.ucar.edu/collections/technotes/asset-000-000-000-198.pdf>
- [7] Sellers P J, Mintz Y, Sud Y C, et al. A simple biosphere model

- (SiB) for use within general circulation models[J]. *J. Atmos. Sci.*,1986,**43**:505-531.
- [8] Xue Y, Sellers P J, Kinder III J L, et al. A simplified bio-sphere model for global climate studies[J]. *J. Climate*,1991,**4**:345-364.
- [9] Sellers P J, Randall D A, Collatz C J, et al. A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs. Part 1: Model formulation[J].*J. Climate*,1996,**9**:676-705.
- [10] Baker I, Denning S, Hanan N, et al. Simulated and observed fluxes of sensible and latent heat and CO₂ at the WLEF-TV tower using SiB 2.5[J].*Global Change Biology*,2003,(9):1262-1277.
- [11] 蒋玲梅,卢立新,邢伟坡,等. SiB3对不同下垫面的模拟试验与验证[J].*气象科学*,2011,**31**(4):493-500.
- [12] Oleson K W, Dai Y J, Bonan G, et al. Technical description of the Community Land Model(CLM) [R/OL]. NCAR Tech.Note NCAR/TN461 + STR ,23.2004. http://www.cgd.ucar.edu/tss/clm/distribution/clm3.0/TechNote/CLM_Tech_Note.pdf.
- [13] Dai Y J, Zeng X B, Dickinson R E, et al. The common land model [J].*Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 2003,**84** (8): 1013 - 1023.
- [14] Steiner A L, Pal J S, Giorgi F, et al. The coupling of the Common Land Model (CLM0) to a regional climate model(RegCM)[J].*Theoretical and Appl. Clim.*,2005,**82**(34):225-243.
- [15] 辛羽飞,卞林根,张雪红. CoLM模式在西北干旱区和青藏高原区的适用性研究[J].*高原气象*,2006,**25**(4):567-574.
- [16] 王澄海,师锐. 青藏高原西部陆面过程特征的模拟分析[J].*冰川冻土*,2007,**29**(1):73-81.
- [17] 罗斯琼,吕世华,张宇,等. CoLM模式对青藏高原中部BJ站陆面过程的数值模拟[J].*高原气象*,2007,**27**(2):259-272.
- [18] 肖瑶,赵林,李韧,等. CoLM模型在高原多年冻土区的单点模拟适用性[J].*山地气象*,2011,**29**(5):633-630.
- [19] 宋耀明,郭维栋,张耀存. CoLM模式在中国温带混交林和亚热带人工针叶林的水热通量模拟性能评估[J]. *高原气象*,2008,**27**(5):967-977.
- [20] 蔡福,周广胜,明惠青,等.地表反照率动态参数化对陆-气通量模拟的影响:以东北玉米农田为例[J].*气象学报*,2012,**70**(5):1149-1164.
- [21] 蔡福,周广胜,李荣平,等.陆面过程模型对下垫面参数动态变化的敏感性分析[J].*地球科学进展*,2011,**26**(3):300-310.
- [22] 米娜,陈鹏狮,张玉书,等.几种蒸散模型在玉米农田蒸散量计算中的应用比较[J].*资源科学*, 2009,**31**(9):1599-1606.
- [23] Gordon W S. Climate change, hydrology and ecological models: intercomparison and validation. Dissertation, Doctor of Philosophy[D]. Texas, USA: The University of Texas at Austin, 2003.
- [24] 郭建侠,卞林根,戴永久.在华北玉米生育期观测的16m高度CO₂浓度及通量特征[J].*大气科学*,2007,**31**(4):695-708.

Comparison of Land Surface Process Models Performance Between CoLM and BATS1e: A Case Study on Maize Field in Northeast China

CAI Fu¹, MING Hui-qing², MI Na¹, LI Rong-ping¹, ZHANG Yu-shu¹

(1. *Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang, Liaoning 110166, China;*

2. *Liaoning Province Meteorological Service Center, Shenyang, Liaoning 110166, China)*

Abstract: Using observations data in 2008 from Jinzhou Agricultural Ecosystem Research Station, land surface process models performance between CoLM and BATS1e were evaluated and compared. The results show that net radiation and surface soil temperature are both able to be accurately simulated with a very small difference between the two models. Model performance of CoLM is higher in different degrees than BATS1e for simulations of sensible, latent, soil heat fluxes and subsurface soil temperature with interpreting ability of simulations to observations and Nash-sutcliffe coefficient of efficiency factor of the former being 3%, 22%, 1%, 10% and 1.042, 0.266, 0.023, 0.138 higher than those of the later, respectively. As far as every month is concerned, simulation precisions of sensible and latent heat fluxes in most months except July when two models work very well as well as soil heat fluxes and subsurface soil temperature from May to August are higher for CoLM than BATS1e. Besides, it will be proved that Model performance of CoLM for simulation of surface soil water content is also higher than that of BATS1e because of its more accurate simulation for latent heat flux.

Key words: CoLM model; BATS1e model; maize field in Northeast China; model performance comparison