

中國研究者在發展GreenLab模型方法中的貢獻簡介

The Chinese contribution to the development of the GreenLab model

1998年，中國科學院自動化研究所中法聯合實驗室（LIAMA）接受了來自于法國國際農業發展中心（Cirad）德力飛（Philippe de Reffye）博士關於植物生長建模研究的新項目。在法國，由德力飛博士開創而領導的AMAP模型方法已經在圖形學研究領域中享有國際盛譽。基于AMAP模型方法開發的軟件已經能夠基于植物葉元為基本器官單元模擬三維植物構型，然而，AMAP軟件要進行農業中應用，還需要實現包括環境影響因子作用的植物生長過程的模擬，例如光合作用的建模。

1998年至2010年期間德力飛博士與中國科學院自動化研究所胡包鋼博士分別擔任該植物生長建模研究項目在中法實驗室的法方與中方負責人。該項目發展的植物模型方法後來被命名為GreenLab。項目的建立得到了時任中法實驗室中方主任、中國科學院自動化研究所所長馬頌德研究員與法國國立信息與自動化研究院（INRIA）研究主任 Gilles Kahn教授的大力支持。在德力飛博士植物生長建模方面的理論指導下，以及中法兩國各個參與團隊與研究人員的合作工作下，我們共同發展的GreenLab模型方法扎根在中國科學院自動化研究所與中國農業大學已有16年之久。GreenLab模型方法起源于并顯著超越AMAP模型方法。比如，GreenLab模型方法應用了圖模型方式表達植物構型的設計方法。新的設計方法不僅自然地兼容植物構型在空間信息上的表達，由此也大大地有利于用戶理解模型和完成設計任務。并且GreenLab模型合理地簡化并應用了基于過程的傳統作物模型中的關鍵參數，通過顯式數學公式表達了植物生長中“源匯”動態關係。再有，包含“功能與結構”表達的GreenLab植物模型方法通過擬合可測的植物數據的方式逆向估計模型隱含參數，獲得對植物體生長過程參數化的深刻認知，還可以有效地考察環境因子作用下植物結構與功能之間的耦合關係。

感謝所有來自于不同中國研究機構參與本課題的學生。特別是超過三十名中國博士研究生圍繞該主題完成了他們的學位工作（Table1）。在他們各自導師（多數包括法方研究人員為聯合指導老師）的指導下，中國的研究生為GreenLab模型方法發展做出了實質性的貢獻。下面列出部份研究生姓名與相關的具體學業貢獻。還有更多人沒有提及，這并不表明他們的工作不重要。趙星對植物發育模型設計了“雙尺度自動機”方法并開發了“VisualPlant”軟件。該軟件能夠模擬植物學家定義的各種植物構型，以及多種植物的花序。展志崗應用逆解方法完成了植物生長過程中的模型參數估計。應用他開發的“Cornerfit”軟件實現了對玉米、冬小麥、番茄等單枝作物的參數估計。

嚴紅平與康孟珍分別應用因子分解的方法推導了確定性植物模型與隨機性植物模型中各類器官總數的快速計算公式，由此大大改進了傳統方法的計算效率。康孟珍基于Scilab科學計算平台開發的開放源碼軟件“GreenScilab”實現了對番茄、菊花、黃瓜等植物生長過程中“源匯”動態變化的模擬，其中還包括三維植物體生長形態過程仿真。吳林與齊蕊分別在法國傅里葉大學與巴黎中央理工大學完成博士論文工作，并獲得博士學位。他們的研究內容分別是植物生長中關於灌溉控制策略與蟲害控制策略的優化方法研究。華淨開發的“QingYuan”軟件包含了GreenLab模型方法中最新的進展。該軟件特別適合于實現對復雜結構樹木的精細時間尺度的仿真。基于圖形學實現植物三維可視化研究工作主要是來自于張曉鵬研究員與Marc Jaeger博士的合作成果。GreenLab模型相關研究項目實施期間，得到了來自于法國國際農業發展中心（Cirad）與法國農業研究院（INRA）科學家在北京長期(兩到三年)工作的支持。他們分別是Philippe de Reffye, Frédéric Blaise, Marc Jaeger, Jean-François Barczy, Thierry Fourcaud and Alexia Stockes.

GreenLab模型方法的最早應用歸功於中國農業大學研究團隊基于實際種植作物開展的研究工作。在此同樣列出中國農業大學研究團隊中若干博士研究生的姓名及其他他們研究的特定植物。宋有洪與馬韞韞針對玉米作物先后開展了研究工作。董喬雪與楊麗麗則以溫室番茄為研究對象。鄭邦友與李冬分別考察了水稻與棉花兩種不同作物。王峰與中國林業科學院的國紅分別研究了樹木類對象-松樹。他們的研究工作不僅完善了GreenLab模型方法并且成功地應用到具體植物對象的模擬仿真中。

其間還有來自于該團隊的兩位博士生，馮露與王秀娟分別在法國國際農業發展中心與法國巴黎中央理工大學完成博士論文工作，并獲得博士學位。中法雙方的國際合作同時還強化了中國各個研究部門之間的學術交流與合作。中方參與合作的部門還擴展到包括中國林業科學院與北京林業大學。在此我特別要列出參與中法雙方國際合作中曾經做關鍵貢獻的中方學者的姓名。

他們分別是中國科學院合肥分院智能機器研究所的熊范綸教授、中國農業大學的王一鳴教授、李保國教授、郭焱教授、張寶貴教授，中國林業科學院的陸元昌教授、雷向東教授，中國農業科學院賀超興研究員，北京林業大學楊剛教授。在法國方面的內部合作，目前是以法國國際農業發展中心Marc Jaeger教授與AMAP團隊的合作仍然持續開展。在法國巴黎中央理工大學，于2003年創建了DigiPlante團隊。在Paul-Henry Cournède教授領導下該團隊持續的與中法實驗室植物生長建模團隊合作，并致力于GreenLab模型方法的不斷完善與發展。該團隊還接收了來自中國的學生為博士研究生。法國國立信息與自動化研究院位于總部Rocquencourt的Metalau團隊，在Maurice Goursat教授的領導下曾經與德力飛教授合作接待了來自于中法聯合實驗室與中國農業大學的博士生為短期學術訪問。在荷蘭瓦赫寧根大學的Ep Heuvelink教授成功的應用GreenLab模型方法完成了菊花與甜椒生長過程的模擬與仿真。這項成就分別來自于康孟珍博士與馬韞韞博士在該大學博士后的研究貢獻。自2011年起，中法實驗室植物生長建模與可視化研究團隊正式命名為“cPlant”團隊。該團隊的中法雙方負責人分別為康孟珍博士與Marc Jaeger博士。

2003年，中法實驗室與中國農業大學成功的舉辦了首屆“植物生長建模、仿真、可視化及其應用國際專題會議（PMA03）”。會議中還包括由德力飛教授與張寶貴教授主持的“植物生長建模與仿真講習班”。展志崗博士參加了GreenLab模型的講授工作。參加講習班的人員近百人。該會議有力地推動了植物生長建模與應用為主題的研究以及國際間學術交流。在這之后中法雙方于2006年、2009年、以及2012年又成功的合作舉辦了PMA系列會議。不久前“2016年植物功能與結構建模、仿真、可視化及其應用聯合國際大會（FSPMA）”也在中國青島成功舉辦。

通過中法科研合作，我們已經在各種刊物上發表許多研究論文。其中涉及的專業領域包括植物學、農學、應用數學、計算機科學與工程。在植物生長建模研究領域中，GreenLab模型方法已經得到了學界的高度重視與評價。這個學朮榮譽被所有參與該方面研究工作的研究人員及其研究部門通過他們各自的特定貢獻所分享。通過植物生長建模與可視化研究項目，我們共同發展的GreenLab模型方法展示了一個成功的國際合作范例并留下令人難忘的故事。經歷了16年的朋友式的合作，我們共同收獲的遠不只是成功的科研成果，其中還包括其它更多、更為珍貴的友誼。

最后我願意通過介紹“GreenLab”模型方法命名與圖標設計為本節的結語，以表達我們共同的願望與期許。模型方法命名的起因源自于植物生長研究領域中的應用方式。當德力飛教授建議為中法合作發展的新植物生長模型起名后，我本人與2001年給出了包括中英文的命名方案，并完成了圖標的初步設計。該圖標設計的最終版本得到了中國科學院自動化研究所張之益先生的幫助（Fig.）。我選擇了中國兩千年前漢代《長歌行》詩詞開題的“青園”為中文名字，英文為GreenLab。中國古人佚名作者留下了這段吟誦植物生長的優美詩句（Table），表達了先人對“植物-綠色-雨露-陽光-萬物-生命”引發出來的無窮美感與美好家園的期許。當人類邁入新千年時，面臨全球性的挑戰是生態惡化愈演愈烈，諸如空氣質量下降、自然資源短缺。我們致力於GreenLab模型方法是一種開放式的合作模型平台，能夠為不同國家和不同研究領域的研究者共同合作而發展。我們相信在德力飛教授與我本人退休之后，GreenLab模型方法將繼續完善和進步。通過它，研究者能夠揭示出植物世界中更為深刻的規律，以及在農林領域中發展出更多的實際應用。

胡包鋼HU BAO GANG

Table 1. Name source of GreenLab from a Chinese ancient poem and its English translation.

《長歌行》	“Long-song Lay”
- 漢樂府	- Royal Conservatory Songs
青青園中葵，	Green are the garden mallows! Soon
朝露待日晞。	The morning dews will be a-drying.
陽春布德澤，	Though wide the blithe Spring shed his boon,
萬物生光輝。	A radiant world revivifying.
作者：佚名	Author(s): unknown. Translator: John A. Turner



Étudiants chinois et français associés aux recherches de 1999 à 2016

Prénom	Nom	Nom en chinois	Diplôme	Affiliation
Xing	ZHAO	赵星	Doctor	CASIIM
Zhigang	ZHAN	展志刚	Doctor	CAU
Hongping	YAN	严红平	Doctor	CASIA
Mengzhen	KANG	康孟珍	Doctor	CASIA
Li	LIU	刘莉	Doctor	CAU
Youhong	SONG	宋有洪	Doctor	CAU
Jun	TENG	滕军	Doctor	CASIA
Lin	WU	吴林	Doctor	CASIA / Université J. Fourier, Grenoble
Hanbing	QU	曲寒冰	Doctor	CASIA
Qinqun	DENG	邓擎琼	Doctor	CASIA
Ning	XIA	夏宁	PostDoctoral Fellow	CASIA
Weiming	DONG	董未名	PostDoctoral Fellow	CASIA
Zangling	CHEN	程章林	Doctor	CASIA
Yuntao	MA	马韞韬	Doctor	CAU
Banyou	ZENG	郑邦友	Doctor	CAU
Fen	WANG	王锋	Doctor	CAU
Haiwen	WU	武海雯	Doctor	CAU
Rui	QI	齐蕊	Doctor	CASIA / ECP
Xing	MEI	梅星	Doctor	CASIA
Cao	ZHU	朱超	Doctor	CASIA
Qiaoxue	DONG	董乔雪	Doctor	CAU
Lili	YANG	杨丽丽	Doctor	CAU
Hong	GUO	国红	Doctor	CAF
Jun	DIAO	刁军	Doctor	CAF
Dong	LI	李冬	Doctor	CAU
Xiujuan	WANG	王秀娟	Doctor	CAU
Lu	FENG	冯露	Doctor	CAU / Université Montpellier II
Qian	ZHANG	张倩	Doctor	CAU
Chan	WANG	王灿	Doctor	CAU
Jia	LIU	刘佳	Doctor	CASIA
Ning	WANG	王宁	Doctor	CASIA

Jing	HUA	华净	Doctor	CASIA
Hongjun	LI	李红军	Doctor	CASIA
Jia	LIU	刘佳	Doctor	CASIA
Mingrue	DAI	代明睿	Doctor	CASIA
Guanbo	BAO	鲍冠伯	Doctor	CASIA
Weiliang	MENG	孟维亮	PostDoctoral Fellow	CASIA
Haoyu	WANG	王浩宇	Doctor	CASIA
Xingrong	FAN	范兴容	Doctor	CASIA
Xing	GONG	龚星	Doctor	CASIA / UN2
Jianwei	GUO	郭建伟	Doctor	CASIA
Yi	WU	伍怡	Master	CASIA
Jiang	WANG	王疋	Master	CASIA
Jianfei	LIU	刘剑飞	Master	CASIA
Zong	LI	李重	Master	CASIA
Bo	XIAN	项波	Master	CASIA
Weiwei	YIN	尹巍巍	Master	CASIA
Shuanghong	YANG	杨双红	Master	CASIA
Yubin	LIN	林玉彬	Master	CASIA
Yanhua	CHEN	陈延华	Master	CAU
Shujun	LIU	刘淑军	Master	CAU
Menglei	TANG	唐梦蕾	Master	CAU
Ning	GUO	郭宁	Master	CAU
Yi	ZHANG	张一	Master	CAU
Qian	WANG	王谦	Master	CAU
Kodjo	TONDJO		Doctor	Université de Lomé, Togo
Élodie	VAVITSARA		Doctor	Université de Mahajanga, Madagascar / Université Montpellier II
Charlotte	BAEY		Doctor	ECP
Zhongping	LI		Doctor	ECP
Domohina Noromalala	ANDRIANASOL		Doctor	Université Montpellier II
Feng	LU		Doctor	CAU / Université Montpellier II
Xiujuan	WANG		Doctor	CAU / ECP
Sébastien	LEMAIRE		Doctor	Agro ParisTech
Rui	QI		Doctor	ECP
Benoit	PALLAS		Doctor	ECP
Jean-Francois	BARCZI		Doctor	ECP / CIRAD
Véronique	LETORT		Doctor	ECP
Amélie	MATHIEU		Doctor	ECP
Lin	WU		Doctor	ECP
Vincent	LE CHEVALIER		Doctor	ECP
Olivier	TAUGOURDEAU		PostDoctoral Fellow	CEF/Université Ontario Québec, Canada
Michelle	OKOMA		Doctor	Université de Daloa, Cote d'Ivoire

Jonathan	LEROUX		Master	ENS
Grange	VERMEER		Master	École Polytechnique
Muriel	LUONG		Master	École Centrale Nantes
Aurélien	LESLUYE		Master	Université Chalmers, Suède
Charles-Antoine	DOUET		Master	École Centrale Nantes