项目3：自然科学奖

**不同环境条件下植物相互作用与物质能量代谢规律及其**

**调控机制**

**一、项目简介**

物质能量代谢是所有生命体的基本属性，是生态系统物质能量流动和循环的基础。植物间相互作用将直接影响植物个体的物质能量代谢与分配，进而影响种群、群落的结构动态以及生态系统的功能服务与稳定性。生态代谢理论(Metabolic Theory of Ecology)体系认为所有生命体的物质能量代谢速率均与个体大小的异速比例指数为一恒定值3/4；并进一步预测了植物种群密度与个体大小间的自疏指数为-3/4，从而否定了传统而经典的-3/2自疏法则(Self-thinning Rule)。然而，许多学者相继对该理论体系的理论预测是否具有普适性均提出了质疑。本项目在国家重大、重点项目和优青、青长等项目支持下，以全球气候变化为背景，以创新性整合植物相互作用理论和生态代谢理论为切入点，综合野外考察、受控实验、理论建模和数据库分析等多种研究手段；旨在探索不同环境条件下植物相互作用及物质能量代谢规律及其调控机制，丰富和完善植物相互作用与生态代谢理论体系，并进一步为在植被恢复，农、林、草业生产，以及生态系统管理等方面提供新的科学依据与技术支撑。取得了如下重要成果：（1）揭示了环境胁迫强度及关键因子对植物种群竞争模式和物质能量代谢规律的宏观调控机理，并提出了在资源受到限制的情况下，种群密度与个体物质能量代谢速率间的权衡理论，即自疏与代谢速率指数互为负倒数；（2）结合植物对邻体的影响域和对称与非对称竞争理论，构建理论模型揭示了随环境胁迫强度的增加植物地上、地下相互作用及其物质能量代谢与分配规律，以及调控植被格局动态变化的机理；（3）基于欧几里得几何关系和代谢理论，建立了随植物生长或密度的增加其植物对光和空间资源动态竞争的一般性模型，并推导出了-3/4自疏法则；（4）建立了草本植物动态生长的一般性模型，并结合植物种群的自疏法则，构建了估算小个体植物种群单位面积生物量产量最大化的最适密度理论体系；（5）基于代谢理论，建立了估算植物整个生长季或全年碳同化效率的理论体系，以及环境温度和空间尺度两个关键变量调控物种多样性分布格局的新理论。

本项目野外调查和实验工作主要在我国西北干旱荒漠区和兰州大学试验站完成，其研究成果在PNAS（2篇），Journal of Ecology（国内第一篇）, Oikos, Tree Physiology等著名SCI期刊上发表。8篇代表性论文已被SCI杂志论文正面引用193次，其中SCI他引129次，总他引216次。引用期刊包括Ecology Letters、PNAS等。而且其中一篇发表在PNAS上的论文获得美国著名理论生态学家Grossa and Beckage 于2012年以‘Toward a metabolic scaling theory of crop systems’为题，在PNAS上发表了长达两页的专题评述；在Jounal of Ecology上发表的论文获得该杂志主编Michael Hutchings长段评述，并被授予英国生态学会“Young Investigator's Prize”国际奖（国内第一个）。完成项目过程中，主要完成人曾荣获国家“万人计划”科技创新领军人才和青年拔尖人才，教育部“长江学者”青年项目，优青和全国百篇优秀博士论文题名奖等荣誉称号；多次受邀在相关国内外学术会议上做特邀或口头报告，在国内外同行中得到广泛关注和好评。

**二、主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排名** | **技术职称** | **工作单位** | **完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** | **曾获科技奖励情况** |
| 邓建明 | 1 | 教授 | 兰州大学 | 兰州大学 | 研究项目的主要设计者、组织者和实施者。本人对主要发现点的第1、2、3点均作出了创造性贡献，是代表性论文1-4的第一作者，代表性论文8的通讯作者。 | 英国生态学会“Young Investigator's Prize”国际奖（国内第一个） |
| 王根轩 | 2 | 教授 | 浙江大学 | 兰州大学、浙江 大学 | 研究项目的设计者、组织者。本人对主要发现点的第2-3作出了创造性贡献，是代表性论文1、4-7的通讯作者。主要是对植物相互作用随环境梯度的变化规律提出了理论预测。 | 以第一完成人分别获2003年教育部提名国家科技进步二等奖，1998年甘肃省科技进步二等奖和1998年甘肃省高校科技进步一等奖 |
| 刘建全 | 3 | 教授 | 兰州大学 | 兰州大学 | 研究项目的设计者、组织者。本人对主要发现点的第1作出了创造性贡献，是代表性论文2-4的通讯作者。  主要是从理论上预测了植物物质能量代谢速率的物种和环境特异性变化规律。 | 2004年获国家自然科学二等奖（3/5）；以第一完成人分别获2013年教育部自然科学一等奖和2014年自然科学二等奖。 |
| 冉金枝 | 4 | 讲师 | 兰州大学 | 兰州大学 | 研究项目的实施者。本人对主要发现点的第1作出了创造性贡献，是代表性论文3的共同第一作者。  主要构建了植物动态竞争的一般性理论模型。 | 无 |
| 戴鑫烽 | 5 | 副研究 | 自然资源部第二海洋研究所 | 浙江 大学 | 研究项目的实施者。本人对主要发现点的第3作出了创造性贡献，是代表性论文5的第一作者。  主要构建理论模型预测了植物高和冠层半径与盖度和密度间关系调控了不同环境条件下植物个体大小与密度间的比例关系。 | 无 |
| 贾昕 | 6 | 教授 | 北京林业大学 | 浙江 大学 | 研究项目的实施者。本人对主要发现点的第3作出了创造性贡献，是代表性论文6的第一作者。  主要构建理论模型预测了不同环境胁迫条件下植物正负相互作用调控植物生长速率以及个体大小与密度间的比例关系和种群空间分布格局。 | 无 |
| 张炜平 | 7 | 副教授 | 中国农业大学 | 浙江 大学 | 研究项目的实施者。本人对主要发现点的第3作出了创造性贡献，是代表性论文7的第一作者。  主要构建理论模型预测了不同环境胁迫条件下正负相互作用调控植物地上、地下相互作用与物质能量分配规律。 | 无 |
| 王志强 | 8 | 助理研究员 | 成都大学 | 兰州大学 | 研究项目的实施者。本人对主要发现点的第1作出了创造性贡献，是代表性论文8的第一作者。  主要完成了对估算植物整个生长季碳同化效率的理论预测的检验。 | 无 |

**三、代表性论著**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **论文、专著名称/刊名/作者** | **影响因子(5年)** | **年卷页码**  **年(卷):页码** | **发表**  **年月** | **通讯作者/第一作者(中文名)** | **SCI**  **他引次数** | **他引**  **总次数** | **是否国内完成** |
| 1 | Plant mass–density relationship along a moisture gradient in north‐west China. / **Journal of Ecology**/ Deng, Jianming, Genxuan Wang, E. Charles Morris, Xiaoping Wei, Dongxiu Li, Baoming Chen, Changming Zhao, Jing Liu, and Yun Wang. | 6.53 | 949(5), 953–958 | 2006-03 | 王根轩/邓建明 | 43 | 50 | 是 |
| 2 | Insights into plant size-density relationships from models and agricultural crops. / **Proceedings of the National Academy of Sciences** **USA** / Deng, Jianming, Wenyun Zuo, Zhiqiang Wang, Zhexuan Fan, Mingfei Ji, Genxuan Wang, Jinzhi Ran, Changming Zhao, Jianquan Liua, Karl J. Niklas, Sean T. Hammond, and James H. Brown. | 10.36 | 109(22): 8600-8605. | 2012-05 | 刘建全、James H. Brown /邓建明 | 15 | 30 | 是 |
| 3 | Models and tests of optimal density and maximal yield for crop plants. / **Proceedings of the National Academy of Sciences USA** / Deng, Jianming, Jinzhi Ran, Zhiqiang Wang, Zhexuan Fan, Genxuan Wang, Mingfei Ji, Jing Liu, Yun Wang, Jianquan Liu, and James H. Brown. | 10.36 | 109(39): 15823-15828. | 2012-09 | 刘建全、James H. Brown /邓建明、冉金枝 | 18 | 32 | 是 |
| 4 | Trade-offs between the metabolic rate and population density of plants/ **PloS One**/ Deng, Jian-Ming, Tao Li, Genxuan Wang, Jing Liu, Zelong Yu, Changming Zhao, Mingfei Ji, Qiang Zhang, and Jianquan Liu | 3.35 | e1799 | 2008-03 | 王根轩、刘建全/邓建明 | 12 | 35 | 是 |
| 5 | Plant height–crown radius and canopy coverage–density relationships determine above-ground biomass–density relationship in stressful environments. / **Biology Letters** / Dai, Xinfeng, Xin Jia, Weiping Zhang, Yanyuan Bai, Junyan Zhang, Yu Wang, and Genxuan Wang. | 3.56 | 5(4):571-573 | 2009-04 | 王根轩/戴鑫烽 | 15 | 17 | 是 |
| 6 | Facilitation can maintain clustered spatial pattern of plant populations during density‐dependent mortality: insights from a zone‐of‐influence model. / **Oikos** / Jia, Xin, Xinfeng Dai, Zhuxia Shen, Junyan Zhang, and Genxuan Wang. | 3.73 | 120(3): 472-480 | 2011-08 | 王根轩/贾昕 | 18 | 30 | 是 |
| 7 | The interplay between above‐and below‐ground plant–plant interactions along an environmental gradient: insights from two‐layer zone‐of‐influence models. / **Oikos** / Zhang, Weiping, Xin Jia, Christian Damgaard, E. Charles Morris, Yanyuan Bai, Sha Pan, and Genxuan Wang. | 3.73 | 122(8): 1147-1156. | 2012-10 | 王根轩/张炜平 | 5 | 19 | 是 |
| 8 | A theoretical framework for whole-plant carbon assimilation efficiency based on metabolic scaling theory: a test case using Picea seedlings. / **Tree Physiology** / Wang, Zhiqiang, Mingfei Ji, Jianming Deng, Richard I. Milne, Jinzhi Ran, Qiang Zhang, Zhexuan Fan, Xiaowei Zhang, Jiangtao Li, Heng Huang, Dongliang Cheng and Karl J. Niklas. | 3.65 | 35(6): 599-607 | 2015-06 | 邓建明/王志强 | 3 | 3 | 是 |