

2024 年度云南省科学技术奖公示

项目名称：基于仿生策略的现代农业工程技术研究及应用

提名者：云南省教育厅

提名等级：2024 年度云南省自然科学二等奖

完成单位：云南开放大学、吉林大学、湖州师范学院

项目简介：

现代农业工程领域中生物质能源的转化利用和农业机械装备的节能增效一直是国内外科学界关注的热点。本项目针对上述领域中的关键科学问题，运用工程仿生学思想，在仿生机理、仿生结构、仿生功能和仿生系统等方向开展技术攻关，以土壤微生物、土壤动物等为仿生原型，开展了系统深入的探索研究，取得了一系列原创性成果和科学发现，具体如下：

受土壤中电活性微生物的产电现象启发，构筑了仿生微生物燃料电池型生物电化学系统，实现了对典型农业生物质资源——海产废水的处理和发电（同时进行），将废弃的农业生物质直接转化为电能。同时，率先设计研发了低成本、长功效、抑菌型仿生氧还原催化剂——石墨烯负载纳米银，解决了中性电解质条件下燃料电池催化剂成本高、效能低、易中毒的难题。

明确了作物根部与土壤的约束关系，阐明了农机切割及触土部件在耕作过程中的运动机理，建立了一个农业机械关键作业部件的三维动态仿真优化设计模型，并提出系统的设计原理与方法。

通过对鼯鼠、螳螂及竹象甲幼虫切割功能器官的几何形态、运动方式和力学性能的分析研究，项目组查明了其切割功能器官的结构特征与减阻机理，开发出了一系列具有节能减阻效果的仿生切割刀具，提出了农业机械切割部件的节能减阻仿生设计原理与方法。

揭示了以蜣螂为代表的生物表面防黏耐磨的作用机理，并将其用于农业机械触土部件的优化设计中，开发了针对云南省红壤物理特性的一系列具有防黏减阻功能的农业机械触土部件，提出了系统的仿生防黏耐磨设计原理与方法。

本项目成果获得了国内外同行的广泛认可和高度评价，研究拓展了工程仿生学的相关理论、技术与方法。为农业生物质资源的高效利用提供了切实有效的解决方案；为农业生物质能源绿色转化和农机装备节能增效的技术瓶颈问题开辟了新的解决策略和途径；为自然启发生物质能源系统在农业领域的可持续化发展，以及农业机械化、自动化和现代化提供了重要的科学原理支撑。

代表性论文专著目录:

- [1] Hongliang Sun, Electricity generation from seafood wastewater in a single- and dual-chamber microbial fuel cell with CoTMPP oxygen-reduction electrocatalys, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2012, 8, 1167-1172.
- [2] Mo Li, Qingzhu Zhang, Hongchang Wang, Hongliang Sun, Jin Tong, A 3D finite element simulation analysis of the soil forces acting on a rotary blade, *Transactions of the ASABE*, 2015, 58, 243-249.
- [3] Mo Li, Shun Xu, Yuwan Yang, Li Guo, Jin Tong, A 3D simulation model of corn stubble cutting using finite element method, *Soil and Tillage Research*, 2017, 166, 43-51.
- [4] Mo Li, Donghui Chen, Shujun Zhang, Jin Tong, Biomimetic design of a stubble-cutting disc using finite element analysis, *Journal of Bionic Engineering*, 2013, 10, 118-127.
- [5] Mo Li, Yuwan Yang, Li Guo, Donghui Chen, Hongliang Sun, Jin Tong, Design and analysis of bionic cutting blades using finite element method, *Applied Bionics and Biomechanics*, 2015, 2015, 471347.
- [6] Jin Tong, Qingzhu Zhang, Li Guo, Yuan Chang, Yingjie Guo, Fengwu Zhu, Donghui Chen, Xin Liu Compaction performance of biomimetic press roller to soil, *Journal of Bionic Engineering*, 2015, 12, 152-159.
- [7] Zhihong Zhang, Ying Li, Jin Tong, Stephen Carr, Convergent evolution inspired serrated structure for improving efficiency of soil imprinting and its mechanism investigation, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2019, 12, 16-26.
- [8] Hongliang Sun, Haohan Zhang, Mo Li, Microstructure and nanomechanical properties of foreleg surface of the praying mantis (*mantis religiosa linnaeus*), *Biosurface and Biotribology*, 2018, 4, 112-116.

完成人基本情况:

序号	姓名	工作单位 (完成单位)	职称	职务
1	孙洪亮	云南开放大学 (云南开放大学)	副教授	云南省仿生科学与工程 国际联合实验室主任
2	李默	吉林大学 (吉林大学)	副教授	-
3	张清珠	湖州师范学院 (湖州师范学院)	讲师	-
4	张智泓	上海应用技术大学 (吉林大学)	副教授	-
5	张昊晗	云南开放大学 (云南开放大学)	副教授	-
6	吕洪斌	云南开放大学 (云南开放大学)	副教授	云南乡村振兴教育学院 信息技术科科长