



內蒙古農業大學
Inner Mongolia Agricultural University



植物—土壤相互作用研究团队



一、团队发展历程

内蒙古农业大学植物-土壤相互作用研究团队由高炳德先生于1974年创建，团队长期以我国西部脆弱生态区的生态系统稳定性、生产力持续提高、资源高效利用和生态环境保护为目标，开展作物、牧草高产高效理论与技术研究。

1974-1987

团队以科学施肥为目标，开展了作物、小杂粮等养分吸收规律、产量形成规律、高产栽培技术、科学施肥技术的研究和技术推广，确立了以测土施肥为主线，综合考虑影响施肥的作物种类、品种等因素的配方施肥技术，对推动全国特别是内蒙古自治区测土配方施肥技术的研究和应用发挥了重要的作用。

1988-2001

建立了高纬度吨粮田理论和技术，形成了以土壤肥力为基础，麦、米、豆带状套种、间作为龙头，合理密植为中心，科学灌水、平衡施肥等为支柱，病虫害防治为保证的模式化栽培技术，确立了相应施肥模型和生理指标，揭示了吨粮田土壤肥力演变规律，研究水平处于国内同类领先地位，被新闻界誉为“北纬40°线上的奇迹”。

2002-2017

团队立足植物-土壤互作研究的国际前沿，开展作物养分资源管理研究。完成了内蒙古施肥管理区的划分，建立了基于光谱的氮肥精准管理策略，构建了河套灌区农田玉米、小麦等主要农作物的施肥技术指南；进行肥料研发，开展活化褐煤包裹尿素以及生物炭基肥等养分释放机理及其对作物生长影响的研究，并研发了盐碱地专用有机肥，研究成果在生产中得到广泛应用；开展草地丛枝菌根的研究，明确了菌根接种显著提高羊草和苜蓿生长、提高产量。

2018-至今

团队针对国家和自治区对保障国家北疆生态安全的需求，开展人工饲草的绿色生产，建立了优化养分管理模式，在保证饲草高产的前提下，做到环境安全，满足自治区对人工饲草和农业绿色发展的需求。开展污染物来源解析，提出农业资源高效环境友好的管理措施；继续开展马铃薯、玉米养分管理研究，明确了河套灌区玉米田氮素流失成因及规律的研究，构建了河套灌区玉米田氮素流失防控综合技术模式。



二、学术带头人



高炳德，教授、博士、博士生导师。曾任内蒙古农牧学院（1999年更名为内蒙古农业大学）土化教研室主任，土壤学科主任；先后兼任中国土壤学会第八、九、十届理事会理事，中国植物营养与肥料学会第四、五、六届理事会理事，内蒙古土壤肥料学会第三、四、五届理事会秘书长，第六、七届理事会理事长，第八、九届理事会荣誉理事长，内蒙古科学技术协会委员以及《土壤通报》编委等职务。主要从事植物营养与科学施肥、作物高产质栽培施肥的研究，先后主持和参加了11项科学研究和推广课题。在国际、国内学术刊物（或学术会议）发表论文190余篇。其中，国际会议、国际文摘刊物4篇，国家级学术刊物58篇，国家级学术会议或论文集20篇，省级学术刊物110余篇。先后获得国务院政府特殊津贴、国家科学技术进步奖、全国先进科普工作者、全国模范教师等国家级科教奖励4项，内蒙古自治区政府科技兴区特别奖、内蒙古自治区杰出人才奖、内蒙古科学技术进步奖、全国农牧业丰收奖、孺子牛金秋奖等省部级科技奖励14项。



李斐，教授、博士、博士生导师。内蒙古农业大学土壤与植物营养系系主任，兼任内蒙古土壤肥料学会副理事长。近些年来主持和承担十多项国家自然科学基金、国家重点研发计划课题、中德合作项目、内蒙古科技计划等项目。

目前主要从事养分资源综合管理和精准农业方面的研究工作，在利用光谱传感器进行作物氮素营养的田间快速、精确诊断和管理等方面取得了突出成绩。在国际知名杂志Agricultural and Forest Meteorology, Remote Sensing等SCI收录刊物以及国内期刊上发表论文50多篇。2010年获内蒙古自治区科技进步二等奖1项，2016年入选内蒙古“321”人才第二层次，2017年获内蒙古青年科技英才，2020年入选内蒙古第十批“草原英才”工程支持计划。



李海港，教授、博士、博士生导师。2008年获中国农业大学植物营养学博士和法国INRA/UMR Eco&Sols生态学博士学位。内蒙古农业大学农业资源与环境学科负责人，草原与资源环境学院副院长。现（曾）任中国土壤学会土壤-植物营养专业委员会第十三届（2016-2020）委员；中国植物营养与肥料学会青年工作委员会第九届（2016-2021）副主任委员。现（曾）主持国家重点研发计划课题、国家自然科学基金、内蒙古自然科学基金重大项目等多项研究课题。研究领域涉及植物根际生理生态过程、资源高效的物种互作过程以及全球变化下的草原植物生态过程演变。在National Science Review, Biology and Fertility of Soils等国内外一流期刊上发表论文70余篇，其中SCI论文60余篇，参编学术专著3部。2020年入选内蒙古第十批“草原英才”工程支持计划。



三、学术骨干



陈杨 副教授 硕士生导师



孙智 高级实验师



哈斯图亚 副教授 硕士生导师



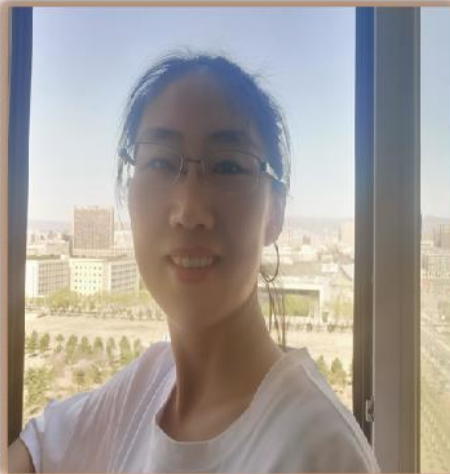
赵世翔 讲师 硕士生导师



陈薇薇 讲师



高卉 讲师



侯牡丹 讲师



韩春雪 讲师



廖丹 讲师



四、主要进展和创新成果

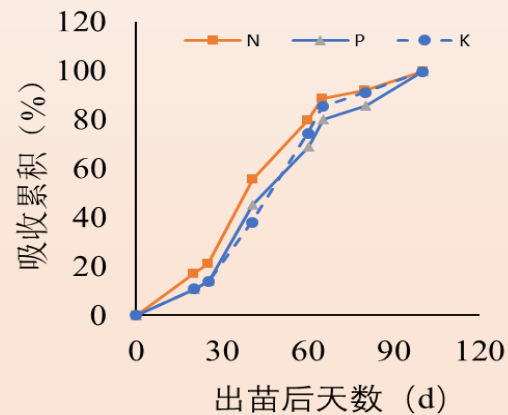
1. 植物营养与科学施肥技术研究与应用

围绕作物养分吸收及科学施肥开展相关研究，在作物（春小麦、马铃薯、胡麻等）营养元素的吸收分配规律以及测土施肥的基础研究方面都取得了系统性、创新性成果。

确定的以测土施肥为主线，综合考虑影响施肥量的作物种类与品种、管理水平等因素的配方施肥技术在内蒙古中西部地区大面积推广应用，该项成果荣获内蒙古自治区科学技术进步二等奖和三等奖。



田间取土



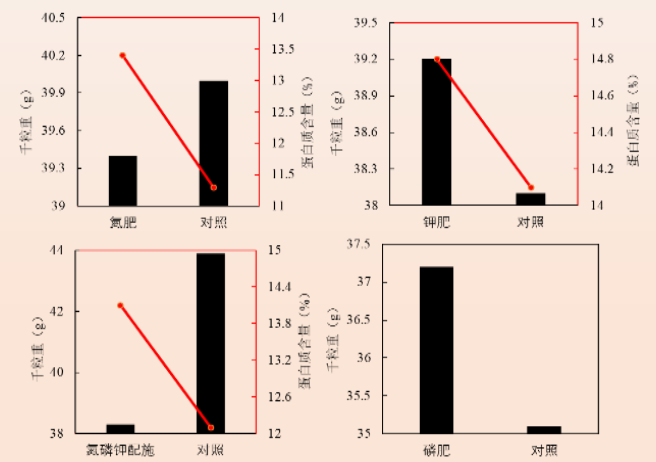
马铃薯养分吸收规律

2. 春小麦品质调控及生产技术研究

开展了春小麦品质调控及影响因素的系统研究，阐明了内在遗传因素（品种）和外在自然生态条件（地区、年度）、栽培条件（施肥种类、方法、灌水等）对小麦籽粒品质的影响，明确了小麦品质变异的主要因素与品质性状、应试品种基因型、田间试验点范围和试验年限等有关，为春小麦调优技术提供了科学依据。



小麦样品采集





四、主要进展和创新成果

3. 吨粮田理论和技术研究与应用

为实现内蒙古自治区粮食的基本自给，1988-1997年致力于从光合性能、产量形成和需水需肥规律等方面揭示吨粮田生理基础，确立了一系列数学模型和生理指标，在产量结构、灌溉制度、平衡施肥、地膜覆盖等专项研究的基础上，形成了以土壤肥力为基础，麦、米、豆套种、间作为龙头，合理密植为核心，科学灌溉、平衡施肥等为支柱，病虫害防治为保证的模式化栽培技术规程，在内蒙古平原灌区大面积推广应用，取得了吨粮田生产技术措施综合平衡的突破，形成了比较系统的吨粮田理论和实践成果。

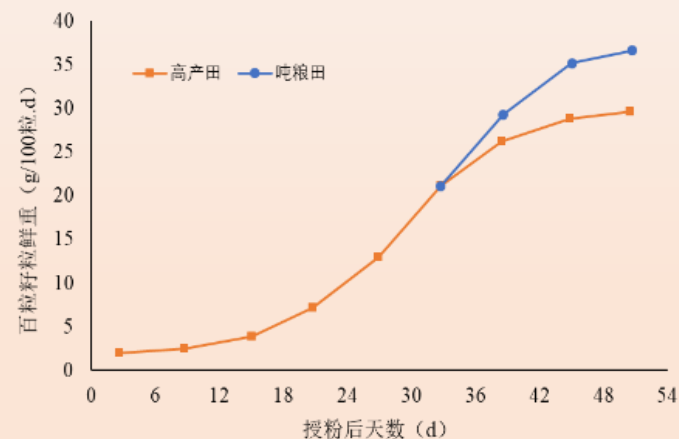
该项研究荣获国家科学技术进步三等奖，主持人高炳德先生受到了党和国家领导人的接见。在北纬40°以北无霜期仅有130天的内蒙古河套出现十万亩以上吨粮田，不仅是我国农作史上的创新，也是世界农作史上创新的大事。新闻界将此项成果誉为“北纬40°线上的奇迹”。



高炳德先生接受党和国家领导人接见（3排右19）



获奖证书



技术效果



四、主要进展和创新成果

4. 内蒙古测土配方施肥技术研究与应用

通过农户调查研究掌握了内蒙古农业施肥现状及存在问题；田间取土测土明确了全区耕地土壤肥力水平，田间试验建立了科学施肥指标体系；将内蒙古划分为7大生态区，并建立了各生态区及106个旗（县、农牧场）、16种主要作物的土壤氮磷钾与有机质的丰缺指标体系，以7个生态区域为单元制定了不同作物的区域性肥料配方；建立了全区耕地土壤与施肥的信息管理平台。

全区累计推广测土配方施肥技术1.45亿亩，创造了良好的经济、社会和生态效益。该项成果获内蒙古自治区科技进步二等奖。



田间试验

内蒙古自治区耕地土壤养分丰缺指标						
养分	生态区域	极低	低	中	高	极高
有效磷 (mg/kg)	大兴安岭北麓	≤7.0	7.0~11.6	11.6~25.1	25.1~32.4	>32.4
	大兴安岭南麓	≤6.2	6.2~11.8	11.8~30.9	30.9~42.5	>42.5
	西辽河灌区	≤2.8	2.8~6.6	6.6~24.7	24.7~38.3	>38.3
	燕山丘陵区	≤5.7	5.7~13.0	13.0~44.6	44.6~67.2	>67.2
	阴山南麓	≤4.8	4.8~8.5	8.5~19.7	19.7~26.1	>26.1
	阴山北麓	≤5.2	5.2~9.1	9.1~21.2	21.2~28.1	>28.1
	河套灌区	≤3.8	3.8~9.3	9.3~36.2	36.2~57	>57

内蒙古耕地土壤养分丰缺指标

内蒙古不同作物分区域肥料配方		
生态区	作物	配 方
大兴安岭北麓	春小麦	18-22-5
	油菜	14-24-7
	大麦	13-15-17
大兴安岭南麓	春玉米	9-23-13
	水稻	11-28-6
	大豆	14-17-14

内蒙古不同作物分区域肥料配方



获奖证书



四、主要进展和创新成果

5. 基于光谱的作物氮肥精准管理技术研发与应用

在多年研究的基础上，集成了基于光谱的作物氮素养分精准管理技术，克服了生育时期和光谱指数饱和的影响，并研发了具有自主知识产权的专一性作物氮素养分传感器，实现生长季作物养分实时监测与按需分配的目标。

大量的田间试验和示范表明，该技术能够在保证作物产量的同时，提高15%-50%的氮肥利用效率，实现了高产高效的作物氮肥管理，为我国农业绿色发展提供了技术支撑。

施肥算法创新

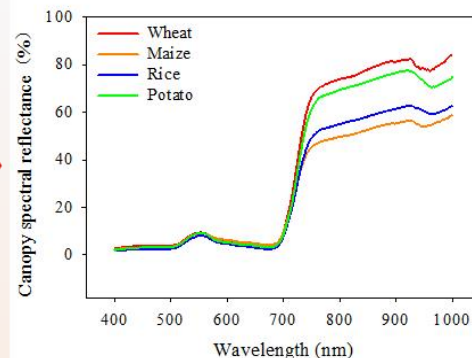
四大主粮作物



天空地遥感信息获取



作物冠层光谱数据



监测技术突破



水肥一体化控制系统设置			
作业面积	90 亩	作业时间	200 分
灌溉模式选择	每亩用水量 10 吨	注水时间	0 分
水池注水控制	液位上限 4.8 米	湿度上限	0 分
液位数值		湿度下限	5 秒
反洗模式选择	洗前运行时间 480 分	反洗反冲时间	360 秒
人工控制		反洗压差上限	45 Kpa
施肥模式选择	A肥施量 16 kg/亩	反洗启停延时	15 秒
时间控制	B肥施量 16 kg/亩		
	A单次供肥量 2 kg/次	C肥施量 0 kg/亩	D肥施量 0 kg/亩
	B单次供肥量 2 kg/次	C单次供肥量 2 kg/次	D单次供肥量 2 kg/次



水肥一体化精准施肥

自主传感器的研发与设计

基于光谱的作物氮肥精准管理技术研发与应用

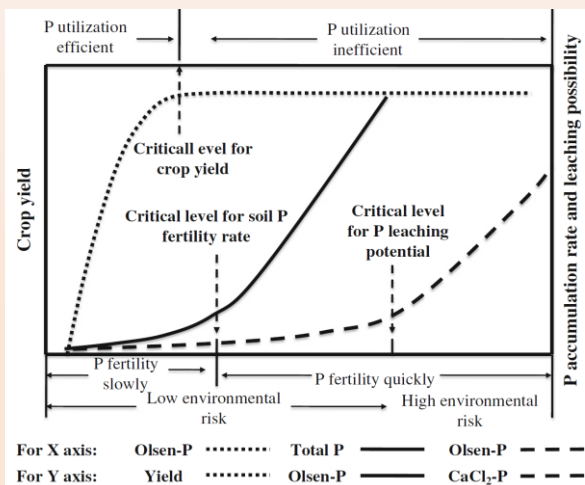


四、主要进展和创新成果

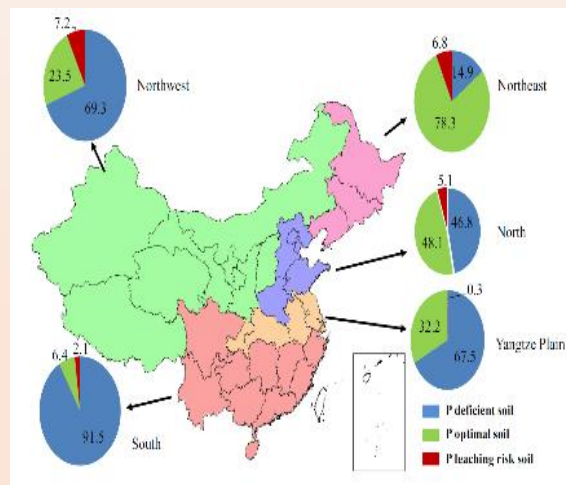
6. 土壤磷高效利用的根际机理和管理理论

针对我国磷肥施用量高、磷矿储量消耗快，同时农田磷肥利用率低、土壤累积态磷和淋失风险高等问题，项目团队：

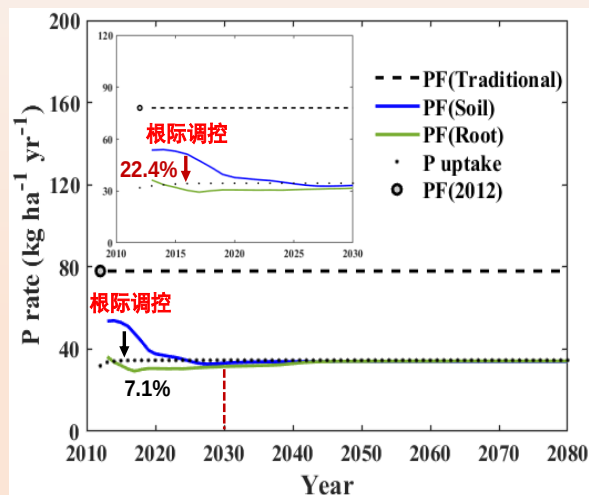
- 根据土壤类型和种植体系将我国分为五个磷管理生态区，确定了土壤培肥和生态安全的阈值，提出了我国耕地土壤磷管理的模型；
- 揭示了磷高效根际调控的技术原理，明确了根际过程-肥料磷/土壤磷-土壤类型互作阻遏肥料磷无效化和促进土壤磷有效化的过程；
- 创建了根际调控效果评价模型（LePA），从区域-国家尺度评估了减磷增效的潜力，为国家减磷增效的总体目标提供了根际调控技术的评价手段。



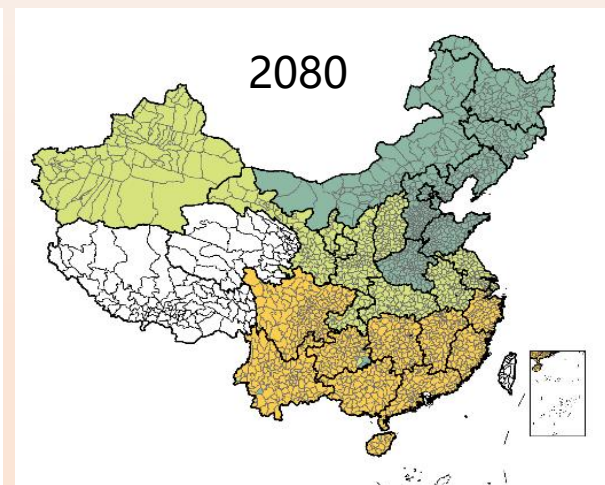
土壤磷管理理念图



五大磷管理生态区磷肥力水平



根际调控效应的评价



根际调控对土壤磷肥力的影响



五、社会服务和成果转化情况

团队致力于保障内蒙古粮食生产、助力边疆地区脱贫攻坚、打造产学研一体化基地以及社会公益性服务等工作。

保障粮食生产，助力脱贫攻坚

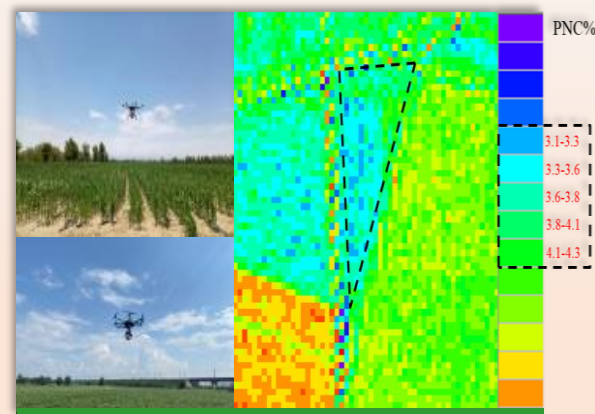
- 通过建设“科技小院”、组织科技特派员和“三区”科技人才等多渠道推进科技下乡，从土壤-植物相互作用的视角，助力生态环境保护与粮食生产保障双赢，促进边疆地区农民增产增收，助力脱贫。
- 团队研发适合本地的盐碱地改良技术和提出基于遥感诊断的减量施肥策略，解决了本地区盐碱地改良及农田化肥面源污染问题，促进了养分资源的高效利用和土壤地力的提升。



高炳德教授指导生产



团队“三区”科技人才-李斐和李海港



遥感诊断指导施肥



推荐施肥



五、社会服务和成果转化情况

加强校企合作，推动经济发展

以拓展研究生培养途径和提高科技转化率为目标，与本地企业携手打造了产学研一体化基地。合作研发了水肥一体化技术、开发了作物专用肥，达到了产学研的有机融合，不仅培养了高质量接地气的学生，而且增加了企业的经济效益，推动了地方经济发展。



索全义教授开展企业合作指导学生

开展公益活动，回馈社会支持

团队一直注重科学普及和社会公益活动。团队组织专家走访地处偏远的农牧区，宣传土壤退化和保护的相关知识，组织农户进行技术培训等。同时，与兄弟单位合作建立社会服务型示范区，鼓励研究生参与社会公益事业，对中小學生进行科学普及，帮助他们树立生态环境保护意识。



团队成员为农户服务



六、获得奖励和知识产权情况

团队在近40年的科学研究工作中，先后获得国家科学进步三等奖1项，全国农牧业丰收奖2项，内蒙古科学进步一等奖1项，二等奖6项，三等奖1项，内蒙古高校教师教学创新大赛二等奖1项。



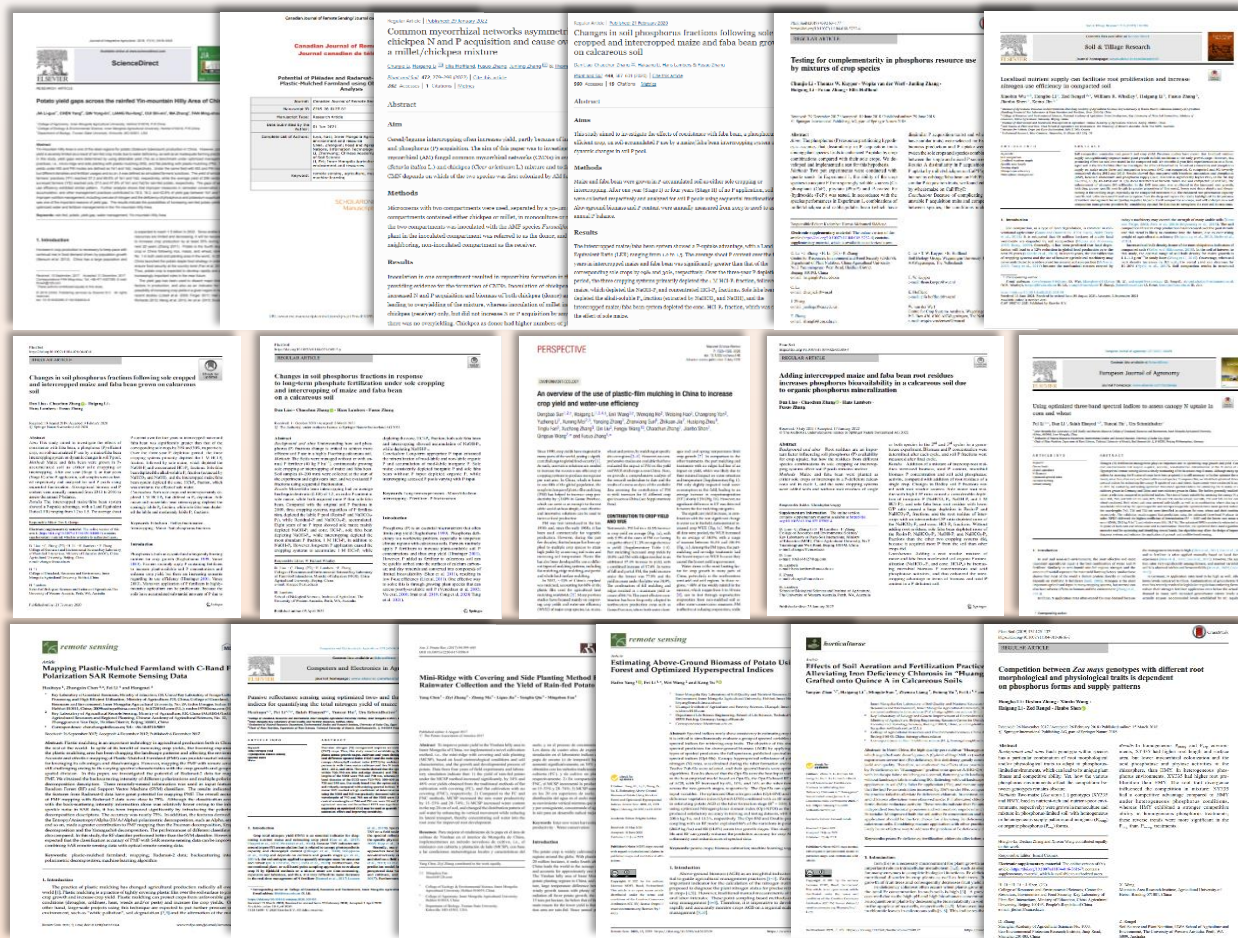
团队团队成员先后荣获或入选中华人民共和国成立70周年纪念章、全国先进科普工作者、全国模范教师、孺子牛金球奖、内蒙古自治区杰出人才奖、内蒙古草原英才、内蒙古科技英才以及内蒙古“321”人才等荣誉称号。





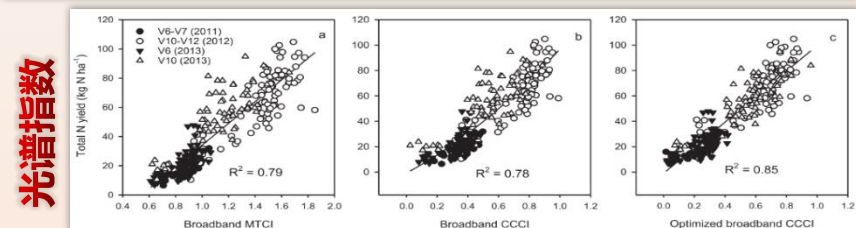
六、获得奖励和知识产权情况

主参编教材和著作**14**部；
发表论文**360**余篇，其中SCI论文**100**余篇；
获批专利**17**项，其中发明专利**9**项，国际专利**1**项。





- ◆ 团队秉承老一辈科学家“求真务实”的科研精神和“为国守边”的奉献精神，将继续推进自然和农田生态系统中水分养分转化流动过程和交错生态脆弱区的资源高效机制与调控等方面的研究；
- ◆ 进一步揭示水分和养分资源高效利用的植物-土壤互作过程，研发多源数据融合的养分和植物资源的实时监控技术和智能化设备，探讨从根际到区域的跨尺度生物过程与养分循环相耦合机制和调控手段；
- ◆ 加快推进产学研融合，依托校企合作基地和科技小院网络，畅通科研成果转化途径，加快科学技术的示范推广，为自治区“生态优先，绿色发展”的战略做出更大的贡献。



光谱指数

机器学习算法

实时监测

