

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.01.003

编者按:
今年是著名土壤学家、中国科学院院士,国家一级教授、博士研究生导师、原西南农业大学名誉校长侯光炯(1905—1996)诞辰 110 周年,为纪念这位一代宗师、学界楷模,弘扬传承侯光炯学术思想,我们特发表申丽娟博士等作者撰写的《侯光炯土壤肥力生物热力学理论及其现实意义》这篇文章,以飨读者。

侯光炯土壤肥力生物热力学理论及其现实应用^①

申丽娟^{1,2}, 丁恩俊³, 陈绍兰⁴, 谢德体²

1. 西南大学 政治与公共管理学院, 重庆 400715; 2. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400716;
3. 西南大学 图书馆, 重庆 400715; 4. 西南大学 期刊社, 重庆 400715

摘要: 土壤肥力生物热力学理论是由侯光炯所创立的具有划时代意义的重大理论发现. 该理论包容性强、适用范围广, 在水田自然免耕技术、水土保持工作、农业面源污染控制、土壤培肥与配方施肥技术等方面有着积极的指导作用.
关键词: 土壤肥力生物热力学; 自然免耕; 水土保持; 农业面源污染; 配方施肥; 侯光炯
中图分类号: S158 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2015)01-0018-07

土壤肥力生物热力学理论是由土壤学家侯光炯先生所创立的, 这是一个具有划时代意义的重大理论发现. 该理论是侯光炯先生在总结农民群众生产实践经验基础上进行升华而来的, 不仅得到国内外土壤学界的高度重视和广泛盛赞, 还荣获了 1978 年全国科学大会的国家重大科技成果奖, 在之后更是被正式编入我国《辞海》^[1]. 土壤肥力生物热力学理论以其不凡的理论高度, 相继在自然免耕、水土保持、农业面源污染控制等方面得到了具体应用, 至今仍有着极大的现实价值. 本文拟在回顾与总结土壤肥力生物热力学理论主要内容的基础上, 探究土壤肥力生物热力学理论的现实应用及价值, 以期能为农业资源与环境理论研究与实践工作提供新的启示.

1 土壤肥力生物热力学理论的主要内容

20 世纪 60 年代初期, 侯光炯提出了土壤生理性的新概念, 以此为基础, 他将农民群众的“三看”(看天、看地、看庄稼)经验与自己多年来的理论研究成果相结合, 创立了土壤肥力生物热力学理论.

1.1 土壤肥力生物热力学理论概况

土壤肥力生物热力学理论的核心内容是^[2]: 第一, 土性随着气候的时变化而不断变化; 第二, 作为一种类生物体, 土壤具有代谢性和可塑性, 土壤肥瘦主要决定于象征着代谢性和可塑性强弱的“体质”; 第三, 土壤中无机—有机—微生物复合胶体随着太阳辐射热的时变化而发生着相应的日周期和年周期变化, 这是气候、土壤、植物互相联系互相制约的根源, 也是看天、看地、看庄稼“三看”经验的基础; 第四, 要运用“三看”经验, 分析天、地、人、物四者之间随时发生的矛盾, 尽全力加强土壤“体质”, 促成地面上下水热状态的稳定, 使土性的周期性变化, 朝着有利于作物健康成长的土壤—植物间供求谐调即正常的生理谐调的方向前进. 从中可以看出, 土壤肥力生物热力学的理论依据是: 土壤是一种具有代谢性和可塑性的“类生物

^① 收稿日期: 2014-05-09
基金项目: 中央高校基本科研业务费专项“侯光炯学术思想研究”(XDJK2013D008); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07104); 国家科技支撑项目(2012BAD15B04-3).
作者简介: 申丽娟(1986-), 女, 河南郑州人, 博士, 主要从事公共管理与政策、农业资源与环境研究.
通信作者: 谢德体, 教授, 博士, 博士研究生导师.

体”，兼具自动供肥功能和自动调节水、热、气、肥的机能^[3]。侯光炯认为，土壤的本质是肥力，“土壤肥力是土壤与植物双方在进行生理谐调的过程中，土壤不断调节和供应水、热、气、肥以保证作物正常生长的能力”。其中，“生理谐调”反映出如下两个重要论点：一是土壤属于生物运动形式，二是太阳辐射热主导着生理谐调。侯光炯提出，在现代土壤科学的深入发展过程中，土壤肥力生物热力学理论为其提供了两个突破口：一是土壤是有生理作用的类生物体，二是气候以热能的方式直接影响土壤的生理机制。

土壤肥力生物热力学理论具有划时代的重大意义，更为农业土壤学的建立和发展奠定了理论基础。有学者认为，侯光炯的土壤肥力生物热力学理论从根本上否定了李比希关于土壤肥力仅决定于所贮存矿物养分多少的观点，这是土壤肥力理论在辩证唯物主义自然观指引下的进一步发展，显然是土壤科学领域里一个极为重要的转折^[4]。随着土壤科学的不断发展，土壤科学工作者们逐渐认识到，“土壤肥力的生物学特性包括生化特性的研究需要更大的重视”^[5]。

1.2 农业土壤及其生理性

农业土壤是我国土壤科学研究的基础问题。通过调查研究，侯光炯搜集了大量关于农业土壤的第一手资料，提出了农业土壤的新概念和新观点。他认为，静态的土壤理论无法对土壤与植物的关系作出科学的解释，也无法将农民长期积累而形成的丰产经验提高到理论高度去认识，以死体的理论去论述活体的规律将事倍功半，甚至是徒劳的。他从学界既有的“农业土壤是历史自然体”的论断出发，作出了土壤是“活”的有“生命”的自然历史体的认识，并通过开展定点定时原态原位的实验研究证实了土壤光、热、水、肥、气的周期性变化，从而初步揭示了土壤的动态秘密。据此，1960 年，侯光炯在《农业土壤生理性》中首次提出了“土壤生理性”概念，指出“土壤生理性是土壤在太阳辐射热影响下，各种理化生物性质发生周期性时变化现象的通称，是土壤在不同时间内变动其本身特性以形成一定的植物生活环境的能力”^[6]。侯光炯对于农业土壤生理性的发现，彻底打破了原先学界的静态土壤学说，顺利地完成了“农业土壤学”这门新学科的体系。不仅如此，还标志着土壤研究思路由原先单一的物理化学性质、生物性质研究过渡到综合研究的时期，对于农作物高产机理、农业土壤改良、农业土壤分类等研究亦具有明显的启发^[7]。

在上述基础上，侯光炯提出土壤是一种具有明显生理机能的自然体，是兼具自动供肥机能和自动调节水、热、气、肥机能的一种类生物体^[8]。具体来说，土壤既不是岩石碎屑一类的非生物，也不是具有细胞和各种器官的生物体，而是介于两者之间的类生物体，土壤中具有高度活力的、类似蛋白质的无机—有机—微生物—酶复合胶体(图 1)，是表现其存在的基本形态。1984 年，Beckmann 曾经指出，土壤应被看成是一个生物体，一个具有复杂结构和演化历史的自然体；到 20 世纪末期，美国《土壤科学手册》明确指出，土壤是一个具有自动调节功能的生物学实体或活的实体^[9]。这些都说明，侯光炯此观点开始逐渐为国外学界所认同或者是不谋而合。

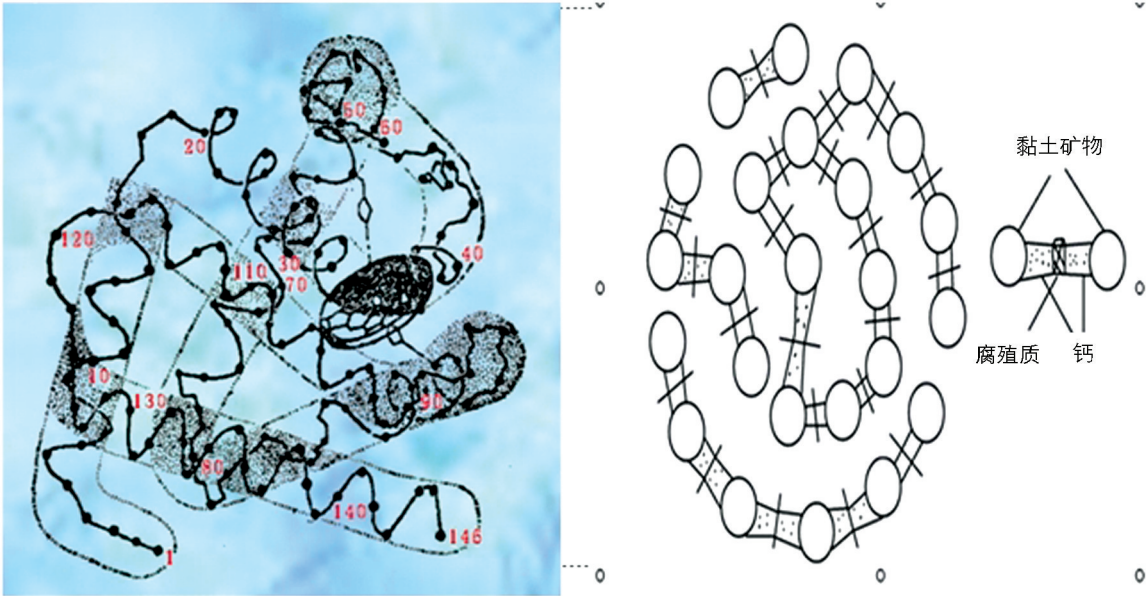


图 1 蛋白质与土壤复合体

1.3 土壤肥力及其本质

土壤肥力是土壤科学研究的热点问题和核心问题.在多年实地调查、群众性普查的基础上,侯光炯发现,威廉斯土壤肥力与团粒结构学说对土壤肥力的动力、物质基础、肥力实质和动态规律都没有得出明确的结论,因此土壤肥力有着进一步研究的必要性.根据土壤生理性观点,侯光炯对土壤肥力给出了新的定义:“土壤肥力是土壤水、热、肥、气动态的周期性时变化和植物生理作用周期性时变化间协调的程度.也就是说,土壤肥力的本质,是土壤的生理性”.该观点与过去所普遍认为的“土壤肥力是土壤对植物供给水分和养分的能力”观点根本不同,它不仅包含了水、热、肥、气四大肥力因子,还对土壤和植物之间的内在联系给予了揭示,从而将农业生产中的气候(天)、土壤(地)、耕作(人)、植物(物)之间紧密地联系起来^[6,9].1963年,侯光炯认为农民看天、看地、看庄稼正是天(气候)、地(土壤)、人(耕作)、物(植物)四者合一的具体表现,实际上就是以热能为前提的土壤肥力新观点^[10],并将有助于土壤科学在步入农业土壤研究的过程中获得正确的方向与途径.1975年,侯光炯对农民群众在生产斗争经验中发展起来的土壤肥力观点和书本理论中的土壤肥力观点进行比较后,得出农民群众的土壤肥力观点是符合客观实际的,并对土壤肥力观点给以进一步完善,即土壤肥力是土壤与植物双方在进行生理谐调的过程中,土壤不断调节和供应水、热、气、肥以保证作物正常生长的能力.到1984年,侯光炯、谢德体对土壤肥力的研究方法、定义实质、科学内涵等内容进行了详细论述^[11].他们认为,研究土壤肥力必须和生产性能、气候等相联系,据此对土壤肥力下了新定义:“土壤肥力是土壤的代谢功能和调节功能的强弱和在一定地理位置、自然条件下,土壤内部水、养适量,气、热周期性动态,稳、匀、足、适程度的大小”.从中可以看出,土壤肥力包括三个方面:一是代谢、调节功能,这是相对固定的,是内因;二是周期性变化,是外因;三是稳匀足适的程度,是内外因的综合表现.

综上所述,在长期的农业生产实践活动和科学研究实验中,人们对土壤肥力及其本质的认识循着由静态到动态、由孤立到综合、由低级到高级的发展道路而继续前行.时至今日,虽然对土壤肥力的认知还处于不断完善的过程中,但不可否认的是,侯光炯对土壤肥力及其实质的动态研究,确实为土壤科学的动态研究开拓了崭新的领域,提供了全新的视角.

1.4 土壤培肥与改良的新途径

土壤培肥与改良是土壤肥力学的重要组成部分,也是人们认识土壤并使其服务于农业生产活动的重要途径与方法.在土壤培肥方面,侯光炯认为,作为一门很深的学问,“既要增加土壤本身的体质方面培肥,又要从改善环境着手来培肥土壤”,主要包括一般培肥法和定向培肥两方面.所谓一般培肥法,其基本原理是改良土壤结构,充分发挥土壤结构潜在能力,具体方法是始终保持毛管水浸润;保持种植合理,使地面蒸发水变成植物蒸腾水;改善土壤胶体品质或人工加入胶体.而在定向培肥中,除了最重要的免耕之外,还有土不离根、根不离土,合理的轮、间、套、混形式,施肥方式与种类,种植方式与培肥,直接补充土壤胶体,化肥中加胶体,各种新型专用肥等方式.在土壤改良方面,侯光炯认为,土壤改良就是人为去改变土壤中水、热、气、肥的矛盾,以适应作物正常生长所需的各种营养条件;改变环境中光、热、水、气的分布状况,以利于土壤和作物更加谐调一致,获得高产.通过对大气—植物—土壤系统观点的运用,侯光炯提出了改造土壤本身的“小三化”(细菌化、腐殖化、结构化)措施和改造环境的“大三化”(大地园林化、土壤管理合理化、耕作制用养一致化)措施.“小三化”措施旨在达到土壤的“内三稳”,即土壤中有益微生物数量和质量保持稳定、腐殖质合成分解速度谐调稳定、结构数量和比例稳定;“大三化”措施旨在达到环境的“外三稳”,即近地面低空大气层的水、热动态稳定,地面植被层的水、热动态稳定,地面下土体范围内水、热动态稳定.其中,“大三化”和“小三化”是“外三稳”和“内三稳”的必备条件,而“外三稳”和“内三稳”是“大三化”和“小三化”的结果;“大三化”可以促进“小三化”,“外三稳”可以促进“内三稳”.

侯光炯的土壤培肥与改良观点指导了农业生产实践活动,并在农业生产实践中不断趋于完善^{[7], [11]}.与此同时,侯光炯的学术观点也得到了学界的认同以及发展,如陈文泗认为,他自1975年开始从改革耕作制度着手研究土壤培肥的途径,并提出了“两粮一肥(或一豆)”的耕作制,这正是对侯光炯土壤肥力生物热力学理论的具体运用^[12].陈恩凤、武冠云和周礼恺指出,培肥土壤要研究其体质和体型,也要研究胶体及其复合体以及微团聚体,还要适应作物生长的需要和环境条件的变化^[13].可以看出,该观点与侯光炯的土壤培肥与改良观点具有一致性,这也从一个侧面说明了侯光炯学术观点的影响力.

2 土壤肥力生物热力学理论的现实应用

以土壤肥力生物热力学理论为指导,侯光炯及其研究团队不仅创立了水田(旱地)自然免耕技术,还在水土保持、农业面源污染控制、土壤培肥与配方施肥等方面开展了相关应用研究.

2.1 水田自然免耕技术

水田自然免耕技术是侯光炯在运用土壤生物热力学和农业生态学的基础上,总结我国农民群众的经验和国内外免耕研究结果,经试验研究而创造的一种新的农业耕作技术^[14].水田自然免耕技术的主要特征在于通过垄作而非传统平作、浸灌而非淹灌等方式来改变田面微地形,促使土壤和植物之间处于永久高度生理谐调状态,这从根本上解决了长期以来冬水田存在的水气与水热两大矛盾,从而实现作物高产的目的^[15].水田自然免耕技术有着严格和复杂的技术要则,其所反映出来的机理正是土壤肥力的基本规律.水田自然免耕技术的要点可概括为:连续垄作不要平、连续浸润不要干、连续植被不要荒以及连续免耕不要翻,简称为“四连续、四不要”.这四者之间相互联系、互惠互利,是一个统一体.其中,连续垄作是前提,连续浸润是核心,连续免耕是保证,连续植被是目的^[14].通过对水田自然免耕技术的实施,可使水田中的各种生产要素(水、肥、气、热、光)达到“和谐”状态,从而实现光肥平衡、水热平衡、肥力平衡、生态平衡等“四大平衡”^[16].

自然免耕技术的诞生是一次耕作制度的重大变革,是人类认识自然和改造自然的一次伟大飞跃.水田自然免耕技术是一项具有国际先进水平的开创性研究,不论是在已经广泛推广应用的生产实践(图 2)中,还是在继续深入的后续研究中,它都展现出了巨大的综合效益,并有着广阔的发展前景.随着对自然免耕的持续深入研究,学者们愈来愈清晰地认识到侯光炯所创立自然免耕技术的具体贡献^[17-30],如改良土壤质量、稳定和提高稻田生产力、节约劳动成本、促进土壤固碳和减排、推动耕地可持续利用等.

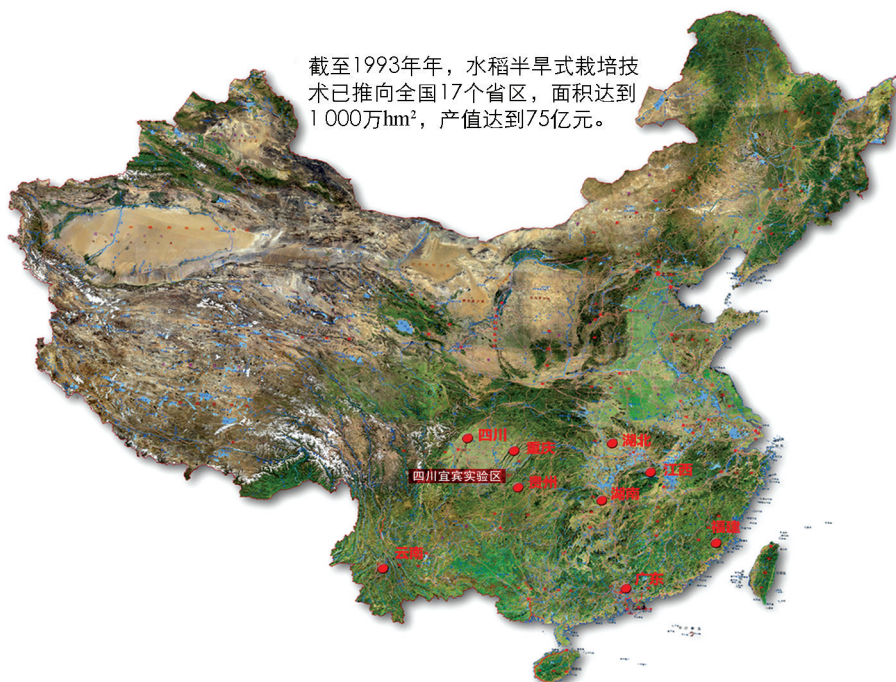


图 2 水田自然免耕技术推广地区示意图

2.2 水土保持工作

水土保持是侯光炯学术研究的主要内容之一.在土壤肥力生物热力学、农业生态系统学等理论的指导下,侯光炯系统地总结了美国水土保持工作的经验与教训,探究了水土保持区划的标准及其体系,并针对水土保持问题提出了具体措施,为我国水土保持事业的全面开展提供了理论参考和对策建议.

早在 20 世纪 30 年代中期,侯光炯到美国开展了以土壤调查、水土保持等为主要内容的考察工作.在综合我国土壤冲刷等情况之后,他总结出美国水土保持工作的不足之处在于始终没有找到问题的关键所在,主要体现在两个方面:第一,水土保持局在成立之初就和农业部呈分离状态,并未进行通力合作,在技

术方面只求新颖和成套并在全中国范围内迅速推广;第二,作为土壤分类根据的土性仅仅是实验室化验分析的结果,而没有进行土壤生理分类,没有做到真正的因土制宜,自然不能根治水土流失问题.正是这两方面的缺陷,使得侯光炯认识到,要在土壤普查、资源调查和农业区划的同时,搞既防冲又高产的水土保持^[31].1983年,侯光炯指出水土保持区划的原则,也即农业生态系统类型正确识别的步骤,主要包括两个方面:第一,充分认识引起土壤变薄、板、干、瘦的全部因子及其对于作物生长发育和产量品质的影响,通过找出几者之间的因果联系,以便明确土壤恶性循环的性质、过程及其主要矛盾,并将其作为防灾增产的研究对象.第二,进一步将上述因子与大气水文和土壤水文的关系联系起来.在遵循这两方面原则的基础上,确定出一、二、三级水土保持区划的标准.通过多年来的学习观摩、调查访问以及野外实践等方式,侯光炯对于如何有效地推动水土保持工作有了深刻的认识.他认为,应主要从耕作制度、植物土壤双层大水库、土壤渗透性能等方面来展开.在耕作制度方面,侯光炯指出,水土保持技术的实质就是栽培技术和耕作技术一体化,即栽培措施和耕作措施相互促进、相得益彰;无论是基于政策支持还是由于地理环境方面因素的影响,我国水土保持都必须要走自然免耕的道路^[32],这是一条符合我国国情的简便易行且经济适用的道路,是具有我国特色的水土保持措施.在植物土壤双层大水库方面,侯光炯提出,水土保持工作必须在“土”字上下狠功夫,而培育植物土壤双层大水库正是该思路的重要特征^[33].在土壤渗透性能方面,侯光炯认为,提高土壤下渗水分和保蓄水分能力是全面实现水土保持效益的关键措施所在,因此,有效的水土保持措施必定是和相关提高土壤下渗水分能力的技术环节相联系的,可以说,这也是水土保持技术的核心之处^[34].

2.3 农业面源污染控制

随着城市工业废水与生活污水等点源污染治理水平的提高,由农业生产、农村生活所致使的农业面源污染日趋严重,成为切实改善农业生态环境的难点和关键^[35-36].而要真正从源头上有效控制农业面源污染,就必须以土壤生物热力学原理为指导^[37],土壤肥力生物热力学理论对农业面源污染控制的理论意义和方法应用已经开始为学者所关注.

西南大学资源环境学院研究团队在该方面进行了长期深入系统的研究,不仅阐述了土壤肥力生物热力学理论在农业面源污染控制方面的应用机理,认为土壤肥力生物热力学理论中蕴含的清洁生产理念为有效治理农业面源污染提供了理论基础与科学方法^[38],还通过长期农村田间地头做实验、搞调研,结合国家科技支撑计划课题、国家水体污染控制与治理科技重大专项、国家科技国际合作课题、国家自然科学基金面上项目等,针对三峡库区生态环境特点和农业面源污染发生特征,采取源头控制、过程阻断与终端调控相结合的综合防控思路,以降水资源化利用、保持水土、消减农业面源污染物为目标,以“水、土、肥、气、热、光、温”多个要素的综合控制与协调为主线,在农民生活区、农业生产区、农村生态区和消落带生态屏障区等多个空间层次构建了三峡库区农业面源污染防控技术体系,并申报了湿地垄作水稻治理农业面源污染的方法等专利.除此之外,也有学者指出,在土壤生物热力学原理指导下的农业面源污染控制,应将土壤作为中心来大力治理坡地,其中,营建等高固氮植物篱就是一项有效措施^[37].植物篱与水土保持、农业面源污染控制等逐渐成为学者们研究的热点问题^[39-44],而且以桑树、山银花^[45]、皇竹草等为典型代表的植物对于土壤重金属污染控制的作用开始引起了人们的关注.

2.4 土壤培肥与配方施肥技术

土壤培肥是侯光炯土壤肥力生物热力学理论中的重要内容.以此为指导,西南大学资源环境学院研究团队从土壤剖面构型、水分特征、养分循环、土壤结构体、微生物多样性等方面研究水稻土培肥机理与方法,提出了“以水调肥、以水调温、以水调气、以水稳构”的水田自然免耕技术与方法;此后,又提出了“等高聚畦、畦沟相间、畦以利用为主、沟以培肥为主、隔年畦沟互换,在利用中培肥、在培肥中利用”的新垦旱地土壤培肥技术与方法.不仅如此,还有岩溶山地生态修复与土壤培肥高效栽培技术、三峡库区移民新垦土壤快速熟化及高效利用模式、三峡库区消落区土地利用及早坡地培肥技术研究、农业综合开发利用模式及可持续发展技术等,并在重庆、四川、贵州等地得到推广应用,取得了显著的生态效益和社会经济效益.这些富有特色和重要影响的科技成果,为西南地区土壤培肥和粮食稳产高产提供了重要的理论依据和技术支撑.

除此之外,侯光炯还对有机肥配方施肥、合理用肥等有所研究,并为后来的研究者提供了重要的启示.早在20世纪20年代,侯光炯就开始关注国内农业界施肥的实际状况,后来还提炼出农民“三看”经验中的施肥原则.他认为,农民“三看”施肥经验的实质在于根据当时的土宜时宜,正确地解决天(气候)、地(土壤)、人(人为耕作措施)、物(作物)之间的矛盾,促使土壤与作物之间经常处于生理协调状态^[46].在进行旱

地免灌种稻试验时,侯光炯对有机肥配方施肥的基本原则、技术要点等给予了详细论述,并概括了合理用肥的主要内容,即有机肥与无机肥配合、因土施肥、按作物种类及其需肥规律用肥、改进施肥方法等方面^[46]。在这些理论研究的基础上,西南大学资源环境学院研究团队长期从事土壤肥料高效利用研究,对四川盆地主要土壤和作物磷肥、钾肥科学施用理论与技术,含氯化肥科学施用,作物配方施肥,氮肥资源与利用,重庆市无公害蔬菜平衡施肥,重庆烟草平衡施肥技术,丘陵农田土壤养分信息管理与施肥技术等开展研究并取得了一系列重要的科技成果,对西南地区科学施肥和全国农业发展具有极大的推动作用。尤其值得一提的是,该团队以土壤—作物相互作用为基础,以提高养分资源利用效率为目标,在 20 世纪 70 年代就开始系统研究含氯化肥对农作物产量影响及施用方法,撰写出了我国含氯化肥的专著,研究成果获得了化工部一等奖,国家科技进步二等奖;根据农作物生长过程营养吸收规律,针对包膜型控释氮肥养分单一和二次污染之弊,研究养分结构型非包膜控释复合肥料,获得了初试产品,能提高 6%~8% 的肥料利用率、降低 21%~25% 的肥料施用量的肥料生物效应。

3 结 语

土壤肥力生物热力学理论的提出源自于 20 世纪 60 年代,在经过多年的理论探索和实践验证之后,它仍处于不断发展和完善的过程中。土壤肥力生物热力学理论在总体上是一个包容性强、适用范围广的理论,对耕作制度改革、农业生态环境治理、农业资源利用等现实问题的解决具有积极的指导作用。

参考文献:

- [1] 余德庄. 世纪情结: 侯光炯的人生道路 [M]. 重庆: 重庆出版社, 2005.
- [2] 侯光炯. 农民群众的生产斗争经验开辟了发展土壤科学的广阔道路 [J]. 中国科学, 1975, (5): 511—518.
- [3] 曾希柏. 土壤肥力生物热力学及其理论进展 [J]. 土壤通报, 1996, 27(6): 273—276.
- [4] 刘世清. 论农业土壤演变史及其发展方向(续完) [J]. 中国农史, 1988, (1): 14—21, 13.
- [5] 孙 鸥. 浅论土壤学现阶段发展的特点与趋势 [J]. 地球科学信息, 1987, (1): 19—25.
- [6] 侯光炯. 农业土壤生理性//侯光炯土壤学论文选集 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1990. 5: 204—223.
- [7] 李仲明. 把毕生精力贡献给土壤科学事业的人——记著名土壤学家侯光炯 [J]. 中国科学院院刊, 1996, (4): 300—303.
- [8] 侯光炯. 要用综合的观点研究农业土壤学 [J]. 土壤肥料, 1982, (2): 3—6.
- [9] 余 杰. 探索土壤奥秘的人——侯光炯 [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 2012. 10.
- [10] 侯光炯. 中国农业土壤的分类体系. 中国农业土壤论文集, 1963//侯光炯土壤学论文选集 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1990: 231.
- [11] 侯光炯, 谢德体. 土壤肥力学概要//侯光炯. 农业土壤学: 侯光炯在宜宾应用研究 17 年论文选集 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社; 成都: 四川科学技术出版社, 2000. 9: 103—137.
- [12] 陈文泗. 土壤肥力发生发展及其培肥途径 [J]. 宁夏农学院学报, 1989, (1): 9—14.
- [13] 陈恩凤, 武冠云, 周礼恺. 关于土壤肥力研究的几点认识 [J]. 土壤通报, 1989, (4): 187—188, 163.
- [14] 侯光炯, 谢德体. 水田自然免耕技术可获高产//侯光炯. 农业土壤学: 侯光炯在宜宾应用研究 17 年论文选集 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社; 成都: 四川科学技术出版社, 2000, 9: 174.
- [15] 侯光炯, 赖守悌, 谢德体, 等. 水田自然免耕技术综合研究报告//侯光炯. 农业土壤学: 侯光炯在宜宾应用研究 17 年论文选集 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社; 成都: 四川科学技术出版社, 2000, 9: 178—195.
- [16] 谢德体, 陈绍兰. 水田自然免耕的理论与技术 [M]. 重庆: 重庆出版社, 2002.
- [17] 谢德体, 曾觉廷. 水田自然免耕土壤肥力特征的研究 [J]. 中国农业科学, 1990, 23(1)37—44.
- [18] 谢德体, 魏朝富, 黄昭贤, 等. 水田自然免耕技术的研究 [J]. 耕作与栽培, 1986, (6): 1—5, 9.
- [19] 张 磊, 肖剑英, 谢德体, 等. 长期免耕水稻田土壤的生物特征研究 [J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 111—114.
- [20] 谢德体, 魏朝富, 陈绍兰, 等. 水田自然免耕对稻麦生长和产量的影响 [J]. 西南农业学报, 1993, 6(1): 47—54.
- [21] 谢德体, 魏朝富, 杨剑虹. 自然免耕下的稻田生态系统 [J]. 应用生态学报, 1994, 5(4): 415—421.
- [22] HUANG Xue-xia, GAO Ming, WEI Chao-fu, et al. Tillage Effect on Organic Carbon in a Purple Paddy Soil [J]. Pedosphere, 2006, 16(5): 660—667.
- [23] 谢德体. 自然免耕技术在四川山区稻田的利用 [J]. 山区开发, 1989, (1): 66—68.
- [24] 魏朝富, 高 明, 黄 勤, 等. 耕种制度对西南地区冬水田甲烷排放的影响 [J]. 土壤学报, 2000, 37(2): 157—165.
- [25] CAI Zu-cong, TSURUTA H, GAO Ming, et al. Options for Mitigating Methane Emission from a Permanently Flooded Rice Field [J]. Global Change Biology, 2003, 9: 37—45.
- [26] 高 明, 车福才, 魏朝富, 等. 垄作免耕稻田水稻根系生长状况的研究 [J]. 土壤通报, 1998, 29(5): 236—238.

- [27] 王昌全,魏成明,李廷强,等.不同免耕方式对作物产量和土壤理化性状的影响[J].四川农业大学学报,2001,19(2):152—154.
- [28] 肖剑英,张磊,谢德体,等.长期免耕稻田的土壤微生物与肥力关系研究[J].西南农业大学学报,2002,24(1):82—85.
- [29] 李楠,蒋先军,曹良元.不同形态的有机碳在土壤团聚体中的分布及耕作的影响[J].西南大学学报:自然科学版,2009,31(3):126—130.
- [30] 张军科,江长胜,郝庆菊,等.耕作方式对紫色水稻土轻组有机碳的影响[J].生态学报,2012,32(14):4379—4387.
- [31] 侯光炯.科技工作者的建议——对四川省当前水土保持工作的设想//侯光炯.农业土壤学:侯光炯在宜宾应用研究17年论文集[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社;成都:四川科学技术出版社,2000,9:40—41.
- [32] 侯光炯.论中国式的水土保持自然免耕法//侯光炯.农业土壤学:侯光炯在宜宾应用研究17年论文集[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社;成都:四川科学技术出版社,2000,9:200—208.
- [33] 侯光炯.水土保持的一个新计议——依靠植物土壤双层大水库夺取抗灾增产双丰收//侯光炯.农业土壤学:侯光炯在宜宾应用研究17年论文集[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社;成都:四川科学技术出版社,2000,9:64—65.
- [34] 侯光炯,刘夜莺,刘陈,等.改进土壤渗透性能提高水土保持效益//侯光炯.侯光炯土壤学论文选集[M].成都:四川科学技术出版社,1990:416—421.
- [35] 申丽娟,丁恩俊,谢德体.三峡库区农业面源污染控制技术体系研究[J].农机化研究,2012,(9):223—226.
- [36] 谢德体,倪九派,申丽娟,等.三峡库区农业面源污染现状及防治对策[J].西南大学学报:自然科学版,2012,34(专刊):1—5.
- [37] 张建锋,单奇华,钱洪涛,等.坡地固氮植物篱在农业面源污染控制方面的作用与营建技术[J].水土保持通报,2008,(5):180—185.
- [38] 冯孝杰,魏朝富,谢德体,等.农业面源污染控制的土壤生物热力学方法[J].后勤工程学院学报,2005,(1):11—14.
- [39] 唐政洪,蔡强国,许峰,等.冀西北半干旱区等高植物篱面源污染控制机理[J].环境科学,2001,(6):86—90.
- [40] 史东梅,卢喜平,刘立志.三峡库区紫色土坡地桑基植物篱水土保持作用研究[J].水土保持学报,2005,(3):75—79.
- [41] 马云,何丙辉,何建林,等.基于水动力学的紫色土区植物篱控制面源污染的临界带间距确定[J].农业工程学报,2011,(4):60—64.
- [42] 马云,何丙辉,何建林,等.三峡库区皇竹草植物篱对坡面土壤分形特征及可蚀性的影响[J].水土保持学报,2011,(4):79—82,87.
- [43] 蒲玉琳,谢德体,丁恩俊.坡地植物篱技术的效益及其评价研究综述[J].土壤,2012,(3):374—380.
- [44] 蒲玉琳.植物篱—农作模式控制坡耕地氮磷流失效应及综合生态效益评价[D].重庆:西南大学,2013.
- [45] 申丽娟,丁恩俊,谢德体.电感耦合等离子体原子发射光谱法测定不同产地山银花金属元素主成分及其聚类分析[J].食品科学,2014,(1):173—176.
- [46] 侯光炯,高慧民.中国农业土壤概论[M].北京:农业出版社,1982,2:1—3.

On Hou Guangqiong's Theory of “Bio-Thermodynamics of Soil Fertility” Its Significance for Practical Application

SHEN Li-juan^{1,2}, DING En-jun³, CHEN Shao-lan⁴, XIE De-ti²

1. School of Political Science and Public Administration, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;

3. Library, Southwest University, Chongqing 400715, China;

4. Journal Press, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: The bio-thermodynamics theory of soil fertility that Hou Guangqiong founded is a major theoretical discovery. It has a positive role in the technologies of natural no-tillage in paddy fields, soil and water conservation, agricultural non-point source pollution control, soil fertility improvement and formulated fertilization techniques.

Key words: bio-thermodynamics theory of soil fertility; natural no-tillage; soil and water conservation; agricultural non-point source pollution; formulated fertilization; Hou Guang-jiong

责任编辑 陈绍兰

