

湖北襄阳耕地质量保护提升和绿色高效施肥服务实践

李立刚, 相成梅, 徐军章 (湖北省襄阳市土壤肥料站, 湖北襄阳 441021)

摘要 总结了湖北省襄阳市开展耕地质量保护提升和绿色高效施肥服务的经验和体会, 主要包括摸底、试验、配方、培训和示范、体系建设等工作思路, 开源、节流和优施等技术路线。总结了其主要成效、主要做法。讨论了农民科学施肥、绿色生产和农业环境保护意识有待加强、有机肥料推广难及政策激励机制不健全等问题, 提出了开展碳达峰碳中和战略下耕地保育、环境保护、绿色生产和减排固碳等技术集成研究和示范及增强政策引导、加强资金投入、强化示范引领等政策建议。

关键词 耕地质量; 保护与提升; 绿色高效施肥; 湖北襄阳

中图分类号 S147 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)21-0162-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.21.039



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Service Practice of Protection and Improvement of Cultivated Land Quality and Green and Efficient Fertilization in Xiangyang of Hubei Province

LI Li-gang, XIANG Cheng-mei, XU Jun-zhang (Soil and Fertilizer Station of Xiangyang of Hubei Province, Xiangyang, Hubei 441021)

Abstract This paper summed up the experience and experience of developing cultivated land quality protection and promotion and green and efficient fertilization service in Xiangyang, Hubei Province, mainly including mapping, testing, formulation, training and demonstration, system construction, etc., open source, throttling and excellent technology line. The main achievements and methods were summarized. The problems of scientific fertilization, green production and awareness of agricultural environmental protection, difficulty in spreading organic fertilizer and un-sound policy incentive mechanism were discussed, some policy suggestions were put forward, such as carrying out integrated research and demonstration of technologies such as cultivated land conservation, environmental protection, green production, emission reduction and carbon sequestration under the strategy of carbon balance.

Key words Cultivated land quality; Protection and improvement; Green and efficient fertilization; Xiangyang, Hubei Province

耕地质量是指由耕地地力、土壤健康状况和田间基础设施构成的满足农产品持续产出和质量安全的能力^[1]。耕地质量保障粮食安全和重要农产品有效供给、促进农业可持续发展的基础。绿色化生产是集资源节约、环境友好、生态保育、质量高效为一体的可持续行为系统^[2], 绿色高效施肥是绿色化生产的一个方面。从这2个定义可以看出, 耕地质量保护提升和绿色高效施肥是相辅相成的, 耕地质量保护提升是绿色高效施肥的基础和前提, 而绿色高效施肥则是耕地质量保护提升的手段和途径之一。自2005年国家启动测土配方施肥、2015年开始实施化肥零增长行动以来, 湖北省襄阳市9个县(市、区)先后被纳入农业部测土配方施肥补贴项目单位及有机肥料替代化肥试点县、化肥减量增效示范县, 实现了测土配方施肥、化肥减量增效工作全覆盖。2015—2020年, 以实施乡村振兴战略和“藏粮于地、藏粮于技”战略为抓手, 以促进绿色兴农、质量兴农和效益优先为导向, 开展耕地质量保护提升和绿色高效施肥服务工作, 着力提升耕地质量、促进化肥使用量负增长、提高肥料利用率等^[3-7]。笔者总结了湖北省襄阳市开展耕地质量保护提升和绿色高效施肥服务的经验和体会, 提出了存在的问题和政策建议。

1 工作思路和技术路线

1.1 工作思路

1.1.1 摸底。摸清土壤家底是开展耕地质量保护提升和绿

色高效施肥的基础。主要是采集土样和土壤化验。根据农业农村部《测土配方施肥项目技术规范》《湖北省测土配方施肥补贴项目实施方案》和《湖北省各年度果菜茶有机肥替代化肥试点工作实施方案和化肥减量增效工作实施方案》等相关要求和技术规范^[1-2], 在全市范围内采取土样, 化验碱解氮、有效磷、速效钾、有机质、pH等, 绘制县域土壤主要养分分布图, 摸清全市主要耕地土壤家底^[8-9]。

1.1.2 试验。按照《测土配方施肥技术规范》等, 开展3414试验、“三区”试验、肥料利用率试验、中微量元素试验、有机肥替代减肥增效试验等田间试验, 研究出适合不同种植制度、不同作物、不同生态区、不同土壤耕地质量保护提升和绿色高效施肥所需要的大中微量元素配方、有机肥替代、减肥增效的产品和技术^[10]。

1.1.3 配方。根据土壤家底和各类试验示范数据, 研制适合不同种植制度、不同作物、不同生态区、不同土壤的肥料配方, 通过配方设计出肥料产品, 为耕地质量保护提升和绿色高效施肥提供物质保证。

1.1.4 培训和示范。通过技术培训和示范区建设, 提高成果的可视度、技术到位率及技术覆盖率。

1.1.5 体系建设。通过以上工作, 建立“测、配、产、供、施”一体化科技服务体系。

1.2 技术路线

1.2.1 开源。通过秸秆还田、畜禽粪污综合利用、商品有机肥应用及紫云英、苕子、油菜、鼠茅草、箭舌豌豆等绿肥种植, 提高土壤有机质等养分含量, 改善土壤性能, 从而达到提升耕地质量、实现绿色高效施肥的目的。

1.2.2 节流。通过应用配方肥、缓控释肥和水溶性肥料, 做

基金项目 财政部和农业农村部“测土配方施肥补贴项目”(201508), “有机肥替代化肥试点”(201914), “化肥减量增效示范项目”。

作者简介 李立刚(1967—), 男, 湖北潜江人, 高级农艺师, 从事测土配方施肥、化肥减量增效、有机肥替代化肥、耕地质量监测保护等工作。

收稿日期 2021-11-22; **修回日期** 2021-12-14

到精准施肥,提高肥料利用率,实现肥料减施增效。

1.2.3 优施。通过水稻侧深施肥、玉米小麦油菜种肥同播、水肥一体化等技术,实现施肥方式优化,提高肥料利用率,减少肥料损失,实现绿色高效施肥。

2 主要成效

2.1 推广面积不断扩大,节本增效明显 测土配方施肥推广应用面积由 2005 年 243 300 hm^2 ,2015 年 774 000 hm^2 ,增加到 2019 年 956 667 hm^2 ,2020 年 976 667 hm^2 ,测土配方施肥覆盖率从 2015 年 81.05%,到近 3 年达 90% 以上。

实行测土配方施肥技术,肥料当季利用率提高 3% 以上,水稻、小麦、玉米、棉花、油菜等作物增产率达 4.5%~15.1%,蔬菜、特产作物增产率达 8.5%~23.7%,平均节本增收 525 元/ hm^2 以上。

2.2 农民科学施肥水平和施肥结构明显好转 通过广泛宣传、技术培训和示范展示,有力地提高了测土配方施肥技术普及和应用水平。测土配方施肥技术示范田显著增产优势及效果,得到了广大农民群众的充分肯定和认可,使测土配方施肥技术成为农民相信科学、掌握科学、应用科学的一种自觉行为。农民逐步树立基于土壤肥力和作物需肥特点的科学施肥观念,“一包碳铵、一包磷肥用到底”、单施、偏施滥施等不当的施肥方法和现象正逐渐减少,配方肥、复合肥的施用比例逐渐增加,土壤养分结构趋于合理,施肥更科学更合理。

根据襄阳市统计年鉴,2017、2018、2019 年全市化肥总用量(折纯量)分别为 576 225、466 308、356 000 t,分别比 2016 年 584 153 t,减少 7 928、117 845、228 153 t,实现连续负增长。根据全市土肥系统连续多年的定点调查结果统计,2017—2020 年,化肥平均施用量(折纯量)分别为 359.55、351.45、312.30、303.75 kg/hm^2 ,实现连续负增长,与统计数据趋势基本一致。调查农户总施肥量中,2017—2020 年复合肥和配方肥占比逐年提升,分别达 83.12%、85.18%、92.27%、89.13%。施肥结构更趋合理。

2.3 耕地质量建设和生态环境明显好转 测土配方施肥的实施,避免偏施滥施化肥,使得肥料施用更为合理,肥料利用率大大提高,从而减少肥料投入,降低了农业面源污染。同时,通过实施增施有机肥、有机肥替代化肥、恢复种植绿肥、秸秆还田等技术措施,减少了养分流失,改善了土壤理化性状,防止耕地质量退化,实现资源的有效利用,改善和保护了生态环境。

2.4 全市土肥系统得到较快发展 借助测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效等项目实施,全市共新建和扩建化验室超过 3 000 m^2 ,仪器设备全面更新升级,具备了与测土配方施肥技术推广相适应的服务能力。全市从事土肥技术服务人员从过去的不到 50 人,增加到 100 多人。通过项目带动,凝聚了经验丰富、懂技术的土肥服务队伍,建立起一套较为完整的土肥技术服务、监测和管理体系。

3 主要做法

3.1 强化组织领导,明确工作职责,确保测土配方施肥工作落实到位 测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效

等项目的实施,时间紧、任务重、涉及面广,强有力的组织领导是保证。为此,湖北省襄阳市在省耕肥总站统一领导和指导下,引导各县(市、区),在项目实施之初及时成立测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效等项目工作领导小组和技术专家组。其工作职责:统一领导测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效等项目建设的相关工作,确定测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效等项目建设工作路线,监督检查项目实施,解决协调项目实施中的疑难问题,总结、评比、验收准备等工作。同时强化各项工作制度,采取更加有力的措施,确保工作落实到位。

3.2 强化试验示范、取土化验等基础工作,为精准施肥提供基础数据,保证测土配方施肥达到预期目的

3.2.1 强化土壤检测准确化。首先是建立规范化检测体系。高标准扩建和改建化验室,购置先进测试设备,增加测试项目,提高测试能力。同时建立质量控制体系,通过平行测定、加测标准样、校准工作标准溶液、室内互检、专家把关等一系列措施保证检测结果的准确性。建成高标准化实验室 10 个,其中全国测土配方施肥标准化实验室 1 个。其次是定点取样规范。每个采样单元取 15~20 样点,采样路线采用“S”型或“梅花”型,并采用 GPS 定位系统导航和精确定位。

3.2.2 强化田间试验标准化。严格按照《测土配方施肥技术规范》及省耕肥总站总体方案执行,尽量减少人为因素、土壤因素和气候因素的影响,每一种作物均进行多点多年不同肥力水平试验。为保证试验示范工作进行顺利,对每项试验示范都做到有试验协作指导协议,有具体试验方案,有完整试验原始记载资料,有田间示范推广应用样板,有示范推广样板展示牌,有省市专家现场指导,有完整的试验示范报告。

3.2.3 强化推荐施肥科学化。认真总结分析项目建设所获取的调查、测试、田间试验等成果资料,制定或修订土壤养分丰缺指标和作物肥料养分施用指标,依据各取样田块(施肥推荐单元)土壤有效养分测试结果丰缺程度,推荐确定作物肥料养分施用配方,推荐应用适宜的配方肥配方与用量。

2015—2020 年,全市共采集土样 11 711 个,完成土样的碱解氮、有效磷、速效钾、有机质、pH 等项目测试 64 784 项次,开展 3414 试验、校正试验、2+X 试验、肥料利用率试验、中微量元素试验等田间肥料试验 374 个。

3.3 面向基层农户,创新宣传方式,扩大测土配方施肥的影响 为了争取各级领导、社会各界的支持和农民群众的认可,多渠道、多层次地开展测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效等技术宣传培训工作。

3.3.1 强化技术人员的培训。全市土肥系统通过参加部、省组织的各项技术培训;到先进地区参观学习取经;聘请省耕肥总站、省农业科学院、华中农业大学领导、专家、教授到湖北省襄阳市培训、检查和指导;引进应用现有相关技术成果等多种形式的学习,培养了一支经验丰富、技术过硬的专业技术队伍,成为测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效等项目工作的中坚力量。

3.3.2 全面拓宽培训宣传渠道。充分利用各级电视、电台、

报刊、农业信息网站和农业服务热线等宣传媒体,同时采用悬挂标语、横幅以及科技下乡、召开现场会、观摩会和发放技术资料等形式,广泛宣传测土配方施肥在粮食增产、农业增效、农民增收及生态环境保护方面的重要作用;同时,注重培植并及时总结先进典型,交流推广各地的好经验、好做法。通过宣传,赢得各级政府、各有关部门的重视和支持,赢得社会各界积极参与,使越来越多农民了解、掌握测土配方施肥技术,使测土配方施肥技术的推广逐步成为农民相信科学、掌握科学、应用科学的一种自觉行动。

3.3.3 实施“培训班”进村入户。在春耕、秋冬播季节,组织专家、技术人员开展了多种形式的农民培训和田间巡回指导,根据农民习惯施肥合理调整施肥结构、施肥方法,提供测土信息,讲解“施肥建议卡”,推荐使用配方肥,让农民易学易懂易操作。同时,对部分肥料经销商进行培训,提高了企业参与生产配方肥、经销商愿意经销配方肥的积极性。

3.3.4 文化搭台,科技唱戏。豫剧《花木兰》深受当地农民喜爱,在不侵犯著作权的情况下,借用豫剧《花木兰》生动形象地宣传和推广测土配方施肥技术,“刘大哥讲话理太偏,谁说种地光靠经验,庄稼只用磷和氮,稻米不香瓜不甜,肥料失大半,环境也污染,产量不增土地还变板……”,取得了非常好的宣传效果。

3.3.5 加强信息发布,落实“建议卡”上墙进店。一是印发施肥建议卡到户,通过乡镇农技人员、农户培训讲座、村民委员会工作人员、乡镇肥料供应网点业务人员等多种形式发放施肥建议卡到户。二是以村为单位,在村民集中活动场所和肥料经销网点,积极采取施肥建议、测土配方信息、施肥指导方案和科普标语等上墙公示,方便农民了解掌握科学施肥知识,直接“按方”购肥施肥。三是在粮食主产区安装测土配方施肥信息查询与输出功能的“触摸屏”,农民通过“触摸屏”查询土壤养分状况和作物施肥指导方案,根据施肥建议选肥、配肥、施肥,及咨询相关信息。四是为了提供更快速、更便捷、更广泛的测土配方施肥信息技术服务。湖北省襄阳市南漳县、襄州区、宜城市成功开发了“测土配方施肥专家咨询服务系统”手机APP,实现了线上测土配方施肥技术信息服务。

3.4 加强示范带动,引导农企对接,着力解决配方肥应用“最后一公里”问题

3.4.1 强化“示范片”进村,让农民亲身感受测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效等应用效果。与耕地质量保护提升、粮棉油作物高产创建、高标准农田建设等活动有机结合,大力推进示范区建设,做到县、乡有示范区,村有示范片、示范方。建成的示范区、示范片、示范方都做到有包片指导专家、有科技示范户、有示范对比田、有醒目标示牌。在播种、田间管理、收获等关键农时季节,组织各级领导、农户进行现场观摩、讲解,达到宣传领导,培训农民,让农民耳闻目睹测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效的应用效果。示范区、示范片、示范方的显著增产优势及效果,得到了各级领导、广大农民群众的充分肯定,有力地带动了全市测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效技术的推广普

及与项目实施。

3.4.2 加强农企合作,狠抓“配方肥”应用到田。为全面落实“测、配、产、供、施”一体化科技服务,向配方肥定点生产企业进行宣传测土配方施肥,无偿为企业提供免费配方,联合开展配方肥研发、生产、供应,满足不同生态区域配方肥需求,提升测土配方施肥信息技术服务水平,保障配方肥推广应用,让广大农户在家门口都能买到“量身定做”的配方肥。

3.4.3 深化测土配方施肥成果的应用,大力开展智能终端配肥网点建设。引导配方肥生产企业、种植大户、农民专业合作社和肥料经销网点建立乡村智能化配肥供肥服务网点,向农民现场提供配肥供肥服务,让农民施肥,省心、省力、省肥、增产、增收、增效。

3.5 加强肥料市场管理,增强服务功能,强化测土配方施肥政策保障按照《肥料登记管理办法》和《湖北省耕地质量保护条例》的要求,结合全市农业生产,2018年以前,积极开展打假保春耕和打假保秋播肥料质量大检查活动,重点对复混肥、配方肥、有机-无机复混肥产品进行质量检查,对检查中发现的坑农、害农典型事件进行曝光,切实维护农民利益。通过肥料市场专项治理和优质肥料推介,让农民用上放心肥,以此进一步推进测土配方施肥技术标准化,为测土配方施肥技术示范推广提供强有力的政策保障。积极开展全市有机肥等新型肥料登记的现场考核,按照要求,在严把实地考察关的同时,通过面对面的政策宣传、技术指导等方式,鼓励肥料生产企业积极利用农作物秸秆、畜禽粪便生产有机肥料,有效缓解了农村焚烧农作物秸秆及畜禽粪便随意排放污染环境的问题,加大了测土配方施肥、有机肥替代化肥、化肥减量增效等技术的推广应用。

4 存在的问题及政策建议

4.1 存在的问题

4.1.1 农民科学施肥、绿色生产和农业环境保护意识有待加强。有的农民以眼前利益为主,尤其是当前种植业以粮食作物当家,粮食优质优价的收购政策没有得到充分体现,农户的收益与产量更大。大多数农户“庄稼一枝花,全靠肥当家”的观念根深蒂固,减肥会不会减产是农民普遍担心的问题,而科学施肥、绿色生产和农业环境保护意识仍很薄弱,农民认识的提高需要一个过程,难以一蹴而就。

4.1.2 有机肥推广难。有机肥资源丰富,养分全面,富含有机质,施用有机肥是提高耕地质量、减少化肥用量一种非常有效的途径。但有机肥养分含量低,没有化肥见效快,需要施用的量大,费工且成本不低,当季效果不明显,农民在大宗作物上不愿使用。因此有机肥推广还是很难。

4.1.3 政策激励机制不健全,资金支持难以持续。当前,国家相关项目资金普惠制不再持续,而缺乏相关激励政策,地方政府未能出台专门项目带动和配套资金,耕地质量保护提升和绿色高效施肥工作难以大规模持续开展。

4.2 政策建议

4.2.1 开展碳达峰碳中和战略下耕地保育、环境保护、绿色生产和减排固碳等技术集成研究和示范。一是继续做好田

间调查、取土化验、田间试验、配方发布、数据开发等测土配方施肥基础性工作。二是继续开展茶叶等有机肥替代化肥示范县创建试点和耕地质量提升与化肥减量增效试验示范工作。辐射带动农户实现化肥减量增效。在示范区大力推广“有机肥+配方肥”“茶—沼—畜”“有机肥+机械深施”“有机肥+水肥一体化”等高效施肥技术示范模式,推广专用配方肥、缓控释肥料、水溶性肥料、生物肥料等新型肥料。三是继续大力开展水肥一体化及农田节水工作。继续开展调研工作,摸清全市水肥一体化及农田节水技术推广应用现状和效果,摸清好的典型和经验,发挥示范引导作用,大力进行宣传和推广。四是继续推广秸秆肥料化利用。继续引导农民在作物收获时直接实施粉碎还田,或者在田边地头,利用人畜粪便等,与秸秆一起进行高温堆肥,使秸秆来源于田、回归于田;继续科学引导企业,积极利用秸秆制肥(如生物有机肥、有机肥、有机复合肥等),消化作物秸秆,通过农作物秸秆制肥还田;继续深入调研秸秆禁烧和综合利用好的方法,积极开展多点次的秸秆还田、秸秆深翻等试验示范。在此基础上,借鉴外省、外地秸秆综合利用比较好的经验和做法,研究制定《秸秆全量还田技术规范》,指导全市农作物秸秆的综合利用。同时向上级政府部门提出政策建议,争取早日出台《襄阳市农作物秸秆综合利用奖励办法》^[10-15]。

在继续开展以上工作的基础上,结合高标准农田建设,进一步开展碳达峰碳中和战略下耕地保育、环境保护、绿色生产和减排固碳技术集成研究和示范。

4.2.2 增强政策引导,加强资金投入,强化示范引领。农业企业、种植合作社、家庭农场、种植大户等新型经营主体科学意识较强,有耕地保护、减肥增效的强烈愿望,是耕地保护、减肥增效工作的带头人。各级政府设立耕地保育、绿色生产、农业环境保护和减排固碳综合奖补专项基金,即“耕保和减排基金”,支持奖励具有一定规模种养基地中开展耕地保育、绿色生产、环境保护和减排固碳等工作,及采用配方肥、有机肥、缓控释肥、生物肥、水肥一体化、机械施肥等新型肥料和施肥新技术的新型经营主体,发挥其示范引领作用。

4.2.3 加强技术指导。一是农技推广部门要加强与农业科研院所合作,加快探索适合本地推广应用的耕地保护、减肥增效技术模式;二是整合相关项目创办示范样板,发挥样板的辐射带动作用;三是利用各种方式进行技术指导,提高技术指导到位率。

4.2.4 加强宣传教育。各相关部门应充分利用广播、电视、报刊、互联网等媒体加强宣传引导。农业部门围绕农时季节、生产环节同时开展多形式的技术培训,举办现场观摩、田间学校等大力宣传耕地保护、化肥减量增效等技术,营造良好氛围。引导农民自觉降低化肥用量,实现减肥增效,加强耕地保护,控制农业面源污染。

参考文献

- [1] 胡月明,刘洛,王广兴. 耕地质量建设与管理[M]. 北京:科学出版社,2017.
 - [2] 陈吉平. 农业绿色生产行为的内涵与外延[J]. 新疆农垦经济,2020(3):24-30.
 - [3] 谭克均,黄国斌,夏忠敏,等. 耕地保护与质量提升技术推广应用成效研究[J]. 安徽农业科学,2018,46(5):140-143.
 - [4] 王桂锋,葛嫄,李慧卿,等. 衡水市耕地质量保护与提升存在问题与建议[J]. 基层农技推广,2020,8(8):107-109.
 - [5] 王文旭,曹银贵,苏锐清,等. 我国耕地保护政策研究:基于背景、效果与未来趋势[J]. 中国农业资源与区划,2020,41(10):40-51.
 - [6] 刘克桐. 河北省耕地质量保护与提升对策建议[J]. 中国农业综合开发,2021(4):22-23.
 - [7] 浦玉朋,刘晓丽. 邯郸市耕地质量保护提升对策研究[J]. 现代农村科技,2021(7):111-112.
 - [8] 张福锁. 测土配方施肥技术要览[M]. 北京:中国农业大学出版社,2006.
 - [9] 张福锁,张朝春. 高产高效养分管理技术创新与应用[M]. 北京:中国农业大学出版社,2016.
 - [10] 程凤娟,杨依彬,邓兰生,等. 水稻土壤植株养分速测推荐施肥技术规程[J]. 安徽农业科学,2021,49(8):157-160,174.
 - [11] 赵营,张学军. 宁夏绿色高效施肥技术与肥料产品研究进展与展望[J]. 宁夏农林科技,2019,60(9):51-53,101.
 - [12] 王嘉雨,胡宝贵. 中国农业节肥技术应用研究进展[J]. 安徽农业科学,2019,47(17):12-14.
 - [13] 李云飞,崔秀萍,刘晓成,等. 不同新型肥料配施对小麦产量及产量构成的影响[J]. 安徽农业科学,2020,48(13):150-151,156.
 - [14] 杨中保,郭海,汪霄,等. 养分专家系统推荐施肥对水稻产量的影响[J]. 安徽农业科学,2020,48(16):151-153.
 - [15] 陈书健,陈京都,许美刚,等. 不同施肥方式对优质食味水稻产量及品质的影响[J]. 安徽农业科学,2020,48(17):175-177,249.
- (上接第161页)
- 参考文献**
- [1] 贺洪军,张自坤,李腾飞. 加工型辣椒绿色高效栽培技术[M]. 青岛:青岛出版社,2019.
 - [2] 吕中华,黄任中,林清,等. 入世与重庆加工型辣椒生产的发展[J]. 辣椒杂志,2003(1):1-3.
 - [3] 桂敏,杜磊,张丙豪,等. 云南省加工型辣椒产业发展概况[J]. 农业工程,2019,9(6):70-73.
 - [4] 陈闯,吴景贵,杨子仪. 不同有机肥及其混施对黑土酶活性动态变化的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(6):245-250.
 - [5] 张迎春,颜建明,李静,等. 生物有机肥部分替代化肥对苜蓿及土壤理化性质和微生物的影响[J]. 水土保持学报,2019,33(4):196-205.
 - [6] 申长卫,袁敬平,李新华,等. 有机肥氮替代20%化肥氮提高豫北冬小麦氮肥利用率和土壤肥力[J]. 植物营养与肥料学报,2020,26(8):1395-1406.
 - [7] 张俊峰,颜建明,张玉鑫,等. 生物有机肥部分替代化肥对日光温室黄瓜产量、品质及肥料利用率的影响[J]. 中国蔬菜,2020(6):58-63.
 - [8] 王靖莹,谷端银,于晓东,等. 沼液部分替代化肥在日光温室秋番茄上的应用效果[J]. 应用生态学报,2019,30(1):243-250.
 - [9] 徐大兵,赵书军,袁家富,等. 有机肥替代氮肥对叶菜产量品质和土壤氮淋失的影响[J]. 农业工程学报,2018,34(S1):13-18.
 - [10] 陶云彬,杨佳佳,章日亮,等. 有机肥替代、化肥养分调控对土壤理化性状、枇杷果实品质和产量的影响[J]. 浙江农业科学,2019,60(9):1540-1541,1543.
 - [11] 沈冰涛,张孝倩,陈红,等. 有机肥替代化肥对小麦产量及土壤养分和酶活性的影响[J]. 长江大学学报(自然科学版),2019,16(5):46-52.
 - [12] 江波,薛贞明,王静,等. 有机肥氮不同替代量对辣椒产量、品质及土壤矿质态氮的影响[J]. 安徽农业科学,2021,49(5):162-164,168.
 - [13] 宫国辉,孙凯,姜淑兰,等. 沼肥与化肥配施对辣椒和番茄生长发育及品质的影响[J]. 东北农业科学,2017,42(2):34-38.
 - [14] 何东霞,颜建明,何志学,等. 生物有机肥部分替代化肥对韭菜生长生理及肥料利用率的影响[J]. 西北农业学报,2020,29(6):958-967.
 - [15] 杜少平,马忠明,薛亮. 有机无机肥配施对砂田西瓜产量、品质及水氮利用率的影响[J]. 果树学报,2020,37(3):380-389.
 - [16] 江波,薛贞明,王静,等. 有机肥氮不同替代量对西兰花产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学,2021,49(11):142-144.
 - [17] 闫佳会,侯璐,姚强,等. 有机肥替代化肥对大葱产量、品质和土壤氮淋失的影响[J]. 西北农业学报,2020,29(8):1243-1249.
 - [18] 吴金栋,何勇,朱祝军. 有机肥部分替代化肥对露地茄生长及品质的影响[J]. 浙江农林大学学报,2021,38(6):1195-1202.