

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2021.04.001

植物医学的新概念

——植物康复医学^①

丁 伟, 吴金津

西南大学 植物保护学院, 重庆 400715

摘 要: 植物受伤后的有效康复是植物生命活动的重要组成部分, 明确康复机制、研发康复技术、实现植物的持续健康是植物医学的重要组成部分. 为了保护植物免受各种伤害, 人类发明了多种产品和技术来防治病虫害, 但到目前为止, 却很少有研究涉及到病虫害防治后植物本身的康复问题. 受害的植物医治后如果不进行及时有效的康复治疗, 会对它正常的生理活动造成影响, 植物保护措施的实施效果就会大打折扣. 因此, 植物康复原理、康复技术以及康复产品研发是一个全新的领域, 需要我们认真对待并应用到植物医学的实践中. 本文率先提出了植物康复医学的概念, 并从诊断治疗、营养供给和土壤改善等方面阐述了植物康复医学在植物康复过程中的应用, 提出了植物生病受伤得到治疗后的康复对策, 并对植物康复医学的发展进行了展望, 这对丰富植物医学理论, 推进植物医学事业的发展具有重要意义.

关键词: 植物康复; 植物健康; 植物康复医学

中图分类号: S4

文献标志码: A

文章编号: 1007-1067(2021)04-0001-07

Plant Rehabilitation Medicine

——A New Concept of Phytomedicine

DING Wei, WU Jinjin

School of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: Effective rehabilitation after plant injury is an important part of plant life activities. Clarifying the rehabilitation mechanism, developing rehabilitation technologies and realizing the sustainable health of plants are important parts of plant medicine. In order to protect plants from various injuries, human beings have invented a variety of products and technologies to control diseases, pests and weeds, but so far, few studies involve the rehabilitation of plants after the control of diseases, pests and weeds. If the injured plants do not receive timely and effective rehabilitation treatment, their normal physiological activities will be affected, and the implementation effect of plant protection measures will be greatly reduced. Therefore, the understanding of plant rehabilitation principles and the research and development of rehabilitation technologies and rehabilitation products are a new field which needs to be taken seriously and should be put in-

① 收稿日期: 2021-07-30

基金项目: 重庆市科委重点项目(CSTC2018JSCX-MSZDX0047); 中国烟草总公司四川省公司重点项目(SCYC202010).

作者简介: 丁 伟, 教授, 主要从事天然产物农药、植物健康调控研究. E-mail: dingw@swu.edu.cn

to the practice of plant medicine. The concept of “plant rehabilitation medicine” is proposed for the first time in this paper. Then its application in the process of plant rehabilitation is expounded from the aspects of diagnosis and treatment, nutrition supply and soil improvement, and rehabilitation countermeasures after the treatment of plant diseases and injuries are put forward, and the prospective development of plant rehabilitation medicine is discussed.

Key words: plant rehabilitation; plant health; plant rehabilitation medicine

1 植物康复医学概念的提出

植物保护的概念在我国农业领域是十分明确的,就是研究植物有害生物的生物学特性、发生规律和防治方法的一门科学;实际上就是保护植物免受病虫草等有害生物危害的科学与技术、政策与方法、实施与评估的系列社会活动.今天,人们越来越清晰地认识到,要解决植物的病虫草害问题,仅仅关注到这些有害生物本身是不够的.虽然对危害植物的病虫草鼠的生物学习性、发生规律、防治方法都十分明确,针对病虫草害的防控手段十分先进,防治效果也十分明显,但对植物受害后长势衰退、品质下降、产量降低的情况却很少给予关注,而且也很少关注植物的基础健康保障、植物对防治病虫草害药剂的响应以及病虫害防治后植物的健康调理等.只管治不管养,或者是认为只要防治了病虫害,植物就可以恢复健康了,这些思想和行为直接导致了现有植保措施效益低下,总体效果不明显的状况.从总体上看,以病虫草鼠为核心的植物保护策略对于维护植物健康、保障植物安全生产发挥的作用是有限的.因此,人们提出了植物医学的概念,要从植物本身健康入手,从系统论的思路出发,遵循人体医学规律,应用医学的科研成果,系统考虑植物的保健、病害预防、病害治疗以及治疗后的呵护与康复等.在这个背景下,植物康复医学的概念应运而生.

从人体医学的角度来看,康复医学是20世纪中期出现的一个新的概念,其对应的学科也是一门新兴的学科,是以受伤的人为主要服务对象,以“病因-人群-康复”为研究模式,是一门以消除和减轻人的功能障碍,弥补和重建人的功能缺失,设法改善和提高人的各方面功能的医学学科,也就是功能障碍的预防、诊断、评估、治疗、训练和处理的医学学科^[1].目前,康复医学和预防医学、保健医学、临床医学并称为“四大医学”,是医学学科的重要组成部分.康复医学实际上源自于中医治未病的“愈后防复”,意思就是说在人们疾病得到治愈或病情稳定之初,要注意从饮食、生活习惯、康复锻炼等各方面入手,避免病情反复或因身体抵抗力较弱导致其他疾病的发生.在几十年的发展历程中,康复医学已经成为现代医学的一个分支学科,在保障人的病后正常生活方面具有重要作用.植物是自然界中具有特殊意义的一类生物,其靠自身的光合作用和能量转化体系实现了定植生产,靠自身的生物、化学和物理屏障抗御着各种病虫害和不良环境的影响.但由于人为的影响和生长环境的改变,植物在其生长周期内面临着十分复杂的生物和非生物的胁迫侵害,如病虫害侵染能力的增强、土壤污染、农药毒害、极端气候条件等等.我们可以通过物理的、化学的、生物的等各种措施来预防、控制和消灭一些病虫草害,但目前还无法对植物做到面面俱到的保护.人们只关注了病虫草防控的效果,却很少采用有效措施来增进植物更好地恢复健康.因此,在植物受到损害时,不仅要采取及时有效的治疗措施,而且要采取措施使其尽快康复,最大程度地降低植物的受害损失,同时弥补一些控制病虫害的措施,以减少对植物造成新的伤害,如减少使用农药所带来的副作用等.

植物康复医学是指综合地、协调地应用物理的、化学的、生物的、农业的各种方法,使病、伤的植物已经丧失的功能或部位尽快地、最大可能地得到恢复和重建,以保障它们正常生长的能力得到最大程度上的修复为目标的一门综合性科学;如已经感病的植物如何将受伤的部位愈合,已经受昆虫伤害的植物组织能够尽快地修复,受除草剂等药剂伤害的植物如何能够解毒并尽快恢复健康等.值得注意的是,康复医学与植物保健、预防医学和临床医学之间既有联系又有区别.对于植物而言,保健、预防医学是研究植物健康影响因子及其作用规律,制定健康栽培、微生态调控和病虫害防控措施,以达到增进植物健康,防范于未然的目的^[2].要使植物得到正确的康复治疗,首先需要明确植物受伤的原因,即病因,这就与临床医学即田间诊断联系起来.植物的临床医学侧重于研究植物出现不良症状的原因、治疗技术和处理方法.植物康复医学不是对病虫害等防治的延续,也不是临床医疗措施的重复,它不是只满足作出病因的诊断和处理,而是侧

重于研究病、伤、残所致原因、性质、程度、后果与恢复的可能性以及康复的方法和措施. 植物康复不只是简单地治,而是要把受损植物的生长水平治疗到尽可能恢复到以前的样子,同时康复也不仅针对某种单一的病虫害的治疗,而且着眼于整株、整块地的植物进行全面康复.

2 植物康复医学的范畴

2.1 诊断治疗是植物康复医学的实施前提

康复治疗建立在已采取措施治疗的基础上. 对于绝大多数农户来说,作物生长发生异常,遭受病虫害侵袭,通过采取措施治病防虫的目的也是为了能让作物尽可能恢复到正常生长状态,将经济损失降到最低. 如果单单只治好了病,防住了虫,没有对植物进行后续的养护,植株并没有康复,依旧会出现低产甚至无产出的情况,那这一批植物仍然失去了它该有的经济价值. 站在农户的角度上看,这样的治病防虫意义甚微,只好待来年重新播种;如果是多年生的植株,损失将更为严重. 如2021年重庆黔江地区在5月发生马铃薯晚疫病,农民先后在地里喷施了5次杀菌剂,从对病菌本身的防控上是有效的,但最后的损失却是巨大的,产量仍然只是没有发病区的30%,损失达到了70%;我们在同样地区进行马铃薯晚疫病防控时,仅喷施了3次药剂,然后喷施了2次微量元素叶面肥和芸苔素内酯等植物健康调理剂,产量是没有发病区的65%,损失只有35%,可见康复措施的应用和防控措施的应用在挽回经济损失上价值是相当的,甚至更为重要.

当然,若想让植物康复,首先得找到植物受伤的原因,对症下药,才能谈后续的养护问题,因此,准确的诊断显得尤为重要. 在田间,作物出现各种症状,首先需要判断是非侵染性病害还是侵染性病害. 非侵染性病害的发生特点是常成块或成片地出现症状,发生比较突然,没有病征,不具有传染性,是由于作物自身的生理缺陷或在生长环境中遇到不适应的物理、化学等非生物因素引起的病害. 非侵染性病害主要有以下几种:①营养失调,也就是常说的缺素症;②水分失衡,包括干旱缺水引起的植物光合作用和蒸腾作用减弱以及水分过多造成的根系窒息;③温度不适,高温引起的早熟减产以及低温导致的冷害和冻害;④药害,化学农药施用残留过多,沾染除草剂等^[3]. 侵染性病害是微生物侵染作物引起的,对作物为害较强且具有传染性,如不及时采取措施可导致作物减产甚至绝收. 有真菌性病害、细菌性病害、病毒病害、线虫和寄生性种子植物5种类型. 如遇虫害,则可观察虫洞、虫体等判断是何种害虫. 熟练掌握植物出现的症状是由何种原因引起,才能快速准确对症下药,控制住病情,进行救治. 对于植物的康复,虫害损失康复相对简单一些,病害损失则要看具体的病原对象,系统性病毒病防控后的康复意义更为重大,细菌性病害和真菌性病害不仅要注意康复问题,还要注意避免病原的死灰复燃.

2.2 营养供给是植物康复医学的重要策略

植物的生长离不开对各种营养元素的吸收,植物必需的营养元素有氮、磷、钾、钙、镁、硫、铜、锌、钼等. 植物生长发育过程中不论是大量元素还是中微量元素,其价值和作用是等同的,任何一种营养元素的缺失、过剩以及分配不均都会使植物出现亚健康或者表现出病态. 虽然植物对矿质营养元素吸收量不多,但矿质元素却有影响抗病性的作用^[4]. 在植物受到病原菌侵害后,使用杀菌剂能在一定程度上控制病原菌,若要增强植物的抗病能力,让植物康复,使其免受病原菌的二次侵害,则需要采用杀菌剂与营养元素补充相结合的方式.

目前的生产实践中,人们往往只关注病原物的特性,提出只针对病原菌的防治措施,却忽视了营养供给对植物的基础修复作用,致使防治效果不尽人意,甚至导致施药后的植物依旧救不回来,造成更大的经济损失. 营养供给可以通过喷洒或地面施用,通过叶片或者根系进入植物体内,主要通过根部主动运输吸收,并通过输导组织运输到植物地上各部位. 在干旱时期、酸碱化严重地块、高温季节以及植物受到伤害后,植株通过根系吸收营养困难时,叶面喷施营养元素是十分关键的.

2.3 土壤改善是植物康复医学的根本措施

植物生长的环境条件,是影响植物健康的关键因素. “大病初愈”的植物其生长环境或多或少都受到了

药剂等的破坏,并且导致植物发病的主导因素是因为环境条件不适宜作物生长,降低了作物的抵抗能力,适宜病虫害的滋生繁衍.在一定程度上,对植物的生长环境进行改良,有助于植物的康复.气候等大环境很难进行局部干预,除非是温室里的植物才能人为控制环境温度.栽种好的植物要进行重新布局也是不现实的,因此这里指的环境改善主要还是指土壤条件的改善.

“植物的健康来自根,根的健康来自土,土的健康来自微生物,微生物的健康来自有机肥”,这是我们总结出来的植物健康的根源观.因此,植物生病的根源在于土壤以及有机肥的增施,这也已经成为植物医学研究者的共识.土壤是植物生长的基础,植物的营养大部分靠根系吸收.土壤里不仅含有植物所需的矿物质元素,也有成千上万种微生物,他们共同构成植物健康生长的基础.随着人们对土地的高强度利用,频繁地人为干扰,以及各种农药的过量使用,破坏了土壤里营养元素的平衡和微生物的群落结构,土壤免疫系统受损,造成土传性病害的大发生^[5].所谓“肥土壮苗”,肥沃的土地才能孕育出好的庄稼,植物健康要能够追根溯源,治标治本,土壤就是根本^[6].改善土质,不仅要调节土壤酸碱度,更要提高土壤中有机的含量.在许多对某种病原物有抗性的甜菜土壤中进行取样分析发现,土壤中具有天然的能够联合抵御病原菌对寄主植物有侵害作用的化合物^[7].因此,若能分离出保护这些寄主植物的微生物,在植物康复阶段增施具有这些微生物的菌剂,用于改善土壤条件,对增强植物抵抗力,防御病原菌的入侵等方面都可以发挥十分重要的作用.

2.4 抗性提升和潜力挖掘是康复医学的重要技术手段

植物的抗逆性是受基因控制的,植物在受到伤害后及时得到治疗,植物的基因就会得到正常表达的机会.植物在长期的进化过程中形成了比较完善的适应环境、防御病害的机制,只是经过长期的人工选育和过度的保护栽培,作物的许多能力渐渐地钝化、休眠甚至丧失.植物抗逆诱导,就是通过一定的物质或者方法唤醒植物关闭的抗性通路或者调控基因,激活植物自身的抗性潜力,去抵御病虫害和环境灾害的一种技术或者方法.采用抗逆诱导处理后,即使没有真正的逆境,只要给植物施以“逆境信号物质”,就能引起植物的抗逆反应.这就好比人类并不需要真正接触活的病菌和病毒,只需要打一个疫苗,告诉机体有外敌入侵,就可以激发人体免疫系统产生抗体,从而具备抗病能力一样.因此,抗逆诱导在植物抗性发挥方面具有广阔的应用前景.

植物自身抗性基因是植物长期进化获得的宝贵遗传资源,是大自然的杰作,而且作为一种有效的抗御逆境的手段,理论和实践都证明了其可行性,所以我们没有理由不去善加利用.更重要的是,植物的抗性机制全面而系统,不是哪一种传统农药所能够替代的,特别是针对非生物逆境的抗性机制,我们只能从植物自身来寻求解决方案.

未来的“植保”,将不再把重心放在病原菌和害虫上,也不是一味地对有害生物强调杀死,而是把重点放在挖掘植物自身的抗性潜力上,通过“培元固本,扶正祛邪”以增强植株的抗病能力来抵御有害生物的入侵;“预防重于治疗,保健重于施药,康复重于防治”,健康并保证获得理想收益是植物保护的最终目的,也是我们采取各种措施进行病虫害防控的初衷.

3 植物康复的主要技术对策

3.1 非侵染性病害治愈后的康复对策

非侵染性病害是指由非生物因素引起的病害,这些非生物因素一般包括营养物质缺乏或过多,水分供应不协调,温度过高或过低,日照不足或过强,土壤和空气中有毒物质的存在,农药使用不当等,这类病害有时又叫生理病害.如烟草上发生的气候性斑点病、植物的各种缺素症、水淹导致的植物黄化等.这类病害的发生要诊断清楚,和侵染性病害区别对待,一般可采用针对性措施进行防治,但防治后,必须对植物采用康复措施,以尽快恢复完全健康,有效地挽回经济损失.非侵染性病害治疗后的康复措施见表1.

表 1 植物非侵染性病害治疗后的康复措施

病害类型	主要治疗措施	主要康复措施	注意事项
缺素症	对应补充所缺元素	①叶面喷施螯合态复合微量元素； ②叶面喷施氨基寡糖素或芸苔素内酯；③益生菌剂的增施	①根据情况，进行侵染性病害的预防，避免并发症发生；②补充元素以叶面喷施为主
旱涝灾害	①早浇水、涝排水；②对于旱情，叶面喷施抗旱剂等	①叶面补充速效氮、磷、钾肥料；②加强水利工程建设，避免再次伤害；③喷施氨基寡糖素等抗性诱导物质	①受害地块要监测病情并及时预防，避免根茎病害发生. ②做好农田水利建设
酸害、盐碱害	①牡蛎钾、草木灰等调酸，石膏、亚硫酸钙调盐碱；②施用针对性的微生物改良剂	①叶面补充针对性的微量元素，酸化区补充铝元素和钙、镁元素，碱化区补充铁和铜等；②叶面喷施氨基寡糖素等抗性诱导物质；③特异性改良土壤菌剂的增施	①采用牡蛎钾持续调酸，采用土壤调理剂持续调盐碱；②恰当选择微生物菌剂和有机肥调理土壤

3.2 侵染性病害控制后的康复对策

侵染性病害的发生是由一些致病微生物或者侵染性植物造成的，这些病原微生物可以包括病毒、细菌、真菌、线虫等，侵染性植物主要是寄生性种子植物. 病害的发生会表现出不同程度的病态或受害症状，这些病变都有一个逐渐加深、持续失调的发展过程. 侵染性病害的发生和发展是植物和病原生物互作的过程，植物一旦感病，说明植物靠自身的力量已经抑制不了病害的发生了，这时候要想控制病害，就必须借助外力，使用药剂控制病害就成为重要的手段. 但药剂控制后，只是暂时对病原物进行了抑制，要想让植物持续健康，就必须考虑植物的康复措施，从根本上消除病害发生的原因，并能够持续维护植物的健康. 关于侵染性病害控制后植物康复的措施见表 2.

表 2 植物侵染性病害治疗后的康复措施

病害类型	主要治疗措施	主要康复措施	注意事项
细菌性病害	①对细菌有杀伤或者抑制作用的化学药剂；②能抑制细菌增殖的微生物菌剂	①补充微量元素，平衡植株营养； ②通过调节植物代谢，诱导或者提高植株抗病能力；③中耕土地，保障肥力供应；④拮抗微生物菌剂的增施	①根茎类细菌病害要注意调节土壤的 pH 值；②叶斑类细菌病害注意气候变化和营养平衡
真菌及卵菌病害	①对真菌或者卵菌有杀伤或者抑制作用的化学药剂；②能抑制孢子或者菌丝增殖的微生物菌剂	①叶面喷施氨基寡糖素、叶面肥等；②及时中耕除草、通风、排湿；③喷施诱抗剂等诱导植物抗性；④增施益生的微生物菌剂	①注意天气变化，特别是湿度变化，避免再次侵染；②补充中微量元素，确保营养平衡
病毒病病害	①宁南霉素等抗病毒药剂；②营养加抗性诱导剂缓解病情	①及时追肥，增加生长活力；②解决早栽问题；③补充锌肥等	①病毒病一旦感染，很难消除病毒，植株抗性对于缓解病情有很大帮助；②早期的健康栽培和抗性提升是避免病毒病发生的关键
线虫病害	①采用化学药剂杀灭线虫；②采用生物药剂抑制线虫	①根部补充钾元素；②及时浇灌； ③叶面喷施营养元素，保障营养供应；④根际环境中增施含有几丁质的天然活性材料	①线虫病害重在预防；②采用牡蛎粉加有机肥可以抑制线虫发生

3.3 害虫防治后植物的康复对策

植物与昆虫的关系十分密切，有许多昆虫和软体动物以植物为生，这些昆虫和软体动物通常被称为

“植食性虫类”。“植食性虫类”在大量发生或者严重发生时就成为植物的害虫，会对植物造成缺苗断垄、长势不齐，叶片缺刻、出现孔洞，果实受蛀、变质变味，茎秆受蛀、植株衰弱等各种伤害和病态。害虫一旦对植物造成伤害，最为关键的手段就是杀死或者驱赶走害虫，这基本上可以理解为只要害虫被消灭了，植保的工作就算完成了。而实际上，植物受害虫伤害后的康复是植物能否恢复健康的关键。因此，仅仅防治害虫是不够的，必须强化对虫害控制后植物的健康维护工作。表 3 列出了植物害虫防治后的康复对策。

表 3 植物害虫防治后的康复措施

害虫类型	伤害特征	防治对策	康复对策
刺吸式口器危害	① 刺吸造成卷曲、变色、生长受阻等；② 分泌蜜露导致煤污病；③ 传播病毒引发病毒病	①内吸杀虫剂杀虫，触杀杀虫剂杀虫；②天敌捕食或者寄生杀虫；③害虫病原生物制剂杀虫	①及时补充营养，增加植物长势，修复伤口；②提高植物抗性，避免继发性病害发生；③采取预防措施，控制虫口数量，避免再次受害
咀嚼式口器危害	①咬食叶片，造成叶受伤；②蛀食果实，造成果实种子受伤；③蛀食茎秆，造成茎秆受伤；④窃食根部，造成缺苗断根	①内吸杀虫剂杀虫，触杀杀虫剂杀虫；②天敌捕食或者寄生杀虫；③害虫病原生物制剂杀虫；④性诱剂诱杀	

3.4 杂草防护后植物的康复对策

栽培作物和杂草一样都是植物，对杂草采用除草剂进行防除，无论怎样采取防护措施，都难免对植物产生伤害。除草剂的使用方法、使用时期和使用剂量要严格按照有关要求进行，应当注意防止作物药害的发生。虽然一些除草剂本身具有一定的选择性，但这种选择性是相对的，同一除草剂在一定条件下，药效与药害可以转化。除草剂对植物产生药害，除药剂本身的选择性、环境气候条件等之外，使用过量或误用、使用技术不当是主要的原因，此外，上茬作物使用的除草剂也因为残留等而很容易对下茬作物产生药害。因此，提高除草剂的药效、防止药害的产生是农田除草剂使用中必须注意的问题，但受害后的康复，消除除草剂产生的持续影响是康复医学必须重视的一项工作。

除草剂的药害有急性型、慢性型和残留型 3 种情况，其治疗措施和康复对策见表 4。

表 4 除草剂伤害后植物的康复措施

症状类型	植物表现	治疗措施	康复措施
急性型	施药几小时或几天时间内就可出现症状；表现为：叶片斑点、焦灼、失绿等，根发脆或者腐烂，植株严重受损等	①喷清水冲洗；②摘除药害器官；③使用解毒药剂，如 1、8 茶酸酐，R-25788 等	①足量浇水；②叶面喷施芸苔素内酯加叶面肥；③中耕松土等
慢性型	症状不能立即表现出来，但逐渐会出现叶片卷曲、畸形、黄化；根短粗肥大，根毛稀少，植株矮化、变小，果实变色、变形等	①叶面喷施芸苔素内酯或者氨基寡糖素等；②针对性选用解毒剂	①叶面喷施速效氮、磷、钾肥料；②中耕松土；③结合病虫害防治喷施水杨酸等植物抗性诱导物质
残留型	当季不表现药害，主要是对后茬作物产生药害，表现为种子发芽迟缓，根尖受伤，叶片畸形等	①使用降解菌，调节土壤生态环境；②使用草木灰、牡蛎钾等可帮助降解土壤有毒物质；③叶面喷施植物生长调节剂如芸苔素内酯等	①结合追肥浇水进行中耕松土；②叶面喷施氨基寡糖素及微量元素等；③结合病虫害防治喷施水杨酸等抗性诱导物质

4 植物康复医学的展望

康复是生命得以焕发青春和活力的一种方式,植物康复是植物内在基因赋予植物的一种重要机能,但康复是在受到伤害后的一种机能恢复,这需要内在的活力和外源的帮助。植物康复医学是一门多学科交叉的综合性科学,在帮助已经丧失某些功能或部位的病、伤植物尽快地、最大可能地得到恢复和重新健康起来,保障植物保护措施更加持续有效,在体现植物医学的全面价值等方面具有重要意义。由于植物康复医学涉及的学科较多,包括植物营养学、植物免疫学、植物生理与生物化学、植物药理学等,而且其实践性极强,需要掌握植物的生长规律、植物与其他生物的互作、植物与环境的相互适应等,要想在该领域建立其新的学科体系,还需要做大量的基础研究、应用研究工作。一方面需要在医学的框架下形成完备的植物康复医学的理论体系,在植物康复的分子机制和生态机制方面取得突破;另一方面还需要针对不同的植物及其伤害的特点研发出康复的关键技术及其产品,并建立起植物康复的技术体系。植物康复医学才刚刚起步,其发展仍需要很长的时间,需要有志之士的共同努力。相信随着科技的发展和研究的更加深入,以及人们对植物健康问题的日益重视,植物康复医学一定会随着整个植物医学体系的蓬勃发展而逐步完善,也将会在植物的健康维护,促进植物的高效、经济、安全生产等方面发挥重要的作用。

参考文献:

- [1] 彭义. 发展康复医学在完善临床医学学科建设中的作用 [J]. 科学中国人, 2017(21): 274.
- [2] 江其朋, 丁伟. 植物医学的新概念——植物预防医学 [J]. 植物医生, 2020, 33(1): 1-5.
- [3] 何剑, 李永平, 魏焕志, 等. 农作物病害的科学诊断方法与关键防治技术措施 [J]. 中国农技推广, 2018, 34(5): 60-63.
- [4] 丁伟, 张淑婷. 植物医学的新概念——营养病害 [J]. 植物医生, 2019, 32(3): 1-6.
- [5] 丁伟, 李石力. 植物医学的新概念——土壤免疫 [J]. 植物医生, 2019, 32(2): 1-7.
- [6] 赵其国. 提升对土壤认识, 创新现代土壤学 [J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 771-777.
- [7] CHAPELLE E, MENDES R, BAKKER P A H, et al. Fungal Invasion of the Rhizosphere Microbiome [J]. The ISME Journal, 2016, 10(1): 265-268.