

## 简述腐植酸在肥料应用中的研究进展

陆正利<sup>1, 2</sup> 周洪印<sup>2, 3</sup> 张乃明<sup>1, 2</sup>

1 云南农业大学资源与环境学院 昆明 650201

2 云南省土壤培肥与污染修复工程研究中心 昆明 650201

3 云南农业大学植物保护学院 昆明 650201

**摘要:** 肥料是粮食生产的基础, 但传统化肥的大量使用不仅导致资源浪费, 还造成土壤质量下降和环境污染, 严重影响现代农业对绿色、安全、无污染发展理念的实现。腐植酸作为一种天然有机质, 具有独特的理化特性和生物活性, 商业价值高且发展前景良好。将腐植酸与其他肥料配合使用, 不仅可以降低成本、提高经济效益, 还能增强肥料效果、促进作物生长、改善土壤特性与生态环境。本文综述了腐植酸对肥料效率的影响机制及在多种肥料中的应用效果, 探讨了腐植酸类肥料在农业生产中面临的主要问题, 提出了相关建议, 以期新型绿色高效肥料的开发提供科学依据和理论支持。

**关键词:** 腐植酸; 肥料; 研究进展

**中图分类号:** TQ314.1 **文章编号:** 1671-9212(2025)03-0014-07

**文献标识码:** A **DOI:** 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2025.03.002

### A Brief Overview of Research Progress on Humic Acid in Fertilizer Applications

Lu Zhengli<sup>1, 2</sup>, Zhou Hongyin<sup>2, 3</sup>, Zhang Naiming<sup>1, 2</sup>

1 College of Resources and Environment Sciences, Yunnan Agricultural University, Kunming, 650201

2 Yunnan Provincial Engineering Research Center for Soil Fertilization and Pollution Remediation, Kunming, 650201

3 College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming, 650201

**Abstract:** Fertilizer is the basis of grain production, however, the extensive use of traditional chemical fertilizers not only leads to resource waste, but also causes soil quality decline and environmental pollution, which affects seriously the demand of modern agriculture for green, safe and pollution-free development concept. Humic acid, one of natural organic substances, has unique physical and chemical properties and biological activity, high commercial value and good development prospects. Humic acid coupled with other fertilizers not only reduce costs and improve economic benefits, but also enhance fertilizer effects, promote crop growth, improve soil characteristics and ecological environment. This paper reviewed the influence mechanism of humic acid on fertilizer efficiency and its application effect in various fertilizers, discussed the main problems faced by humic acid fertilizers in agricultural production, and put forward relevant suggestions, which provide scientific basis and theoretical support for the development of new green and efficient fertilizers.

**Key words:** humic acid; fertilizer; research progress

化肥是粮食的粮食, 是当代农业重要的生产资料<sup>[1]</sup>。但长期以来高投入、低产出、低效率、高污染的粗放型农业发展方式难以为继。化肥在种植业

生产过程中是第一大碳排放源, 占投入环节碳排放总量的 60% 左右, 实现土壤碳减排, 肥料低碳化投放是关键。因此, 开发新型绿色高效肥料成为近

[收稿日期] 2024-12-09

[作者简介] 陆正利, 女, 1999 年生, 硕士研究生, 主要从事土壤重金属污染修复研究, E-mail: 2105128933@qq.com。

年来的研究热点<sup>[2]</sup>。

腐植酸类物质具有改良土壤理化性质、刺激作物生长发育、促进作物对营养物质的吸收和利用、提高作物抗逆性和产量、改善作物品质及节能减排等作用<sup>[3]</sup>，被广泛应用于农业生产及环境保护等重要领域。大量研究证实，腐植酸是构筑“土肥和谐”的不二法宝，是直面解决“土壤问题-肥料问题-粮食问题-气候问题”等系统性问题的利器，是直面“双碳”农业的重要抓手<sup>[4]</sup>。鉴于此，本文系统分析了腐植酸对提高养分利用率、改善土壤微生物的作用机制，介绍了腐植酸与不同肥料配施的应用效果，旨在启发引导对腐植酸的系统研究，以期腐植酸资源高效利用和科学开发提供理论与技术支持。

## 1 腐植酸在肥料中的作用机制

### 1.1 腐植酸对肥料养分的保持和释放

腐植酸对肥料养分的保持和释放起着至关重要的作用（图 1）。传统化肥养分释放速度快，肥料中的大部分养分容易被淋溶、挥发、固定，利用

率低，给环境带来污染<sup>[5]</sup>。腐植酸分子结构中具有丰富的羟基、酚羟基等官能团，能够与尿素的酰胺基作用生成腐植酸-脲络合物，该物质具有较高的稳定性，能够抑制尿素分解、提高氮素利用效率，实现尿素的长效缓效<sup>[6, 7]</sup>。研究发现，腐植酸的肥效可持续大约 100 天，在作物早期生长阶段，腐植酸可以有效抑制土壤中尿素的水解，从而降低氮素挥发、淋溶损失；在作物生长的中、后阶段，腐植酸的抑制能力逐渐降低，从而可以更好地满足作物在生长高峰期对氮素的需求<sup>[8]</sup>。腐植酸是一种特殊的有机胶体物质，能够在  $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  等物质表面生成一层保护膜，有助于减缓铁、铝氢氧化物对磷素的吸附速度，从而提高磷的有效性。腐植酸的酸性功能团可吸附和贮存  $\text{K}^+$ ，防止土壤钾素的流失，同时减少黏土矿物对钾的固定<sup>[9]</sup>。此外，腐植酸具有良好的螯合能力，可以与肥料中的阳离子（如  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$  等）结合形成螯合物，从而减少肥料养分的流失和淋溶，并延缓养分的释放速度，使养分能够逐渐供应给植物，提高养分利用率。

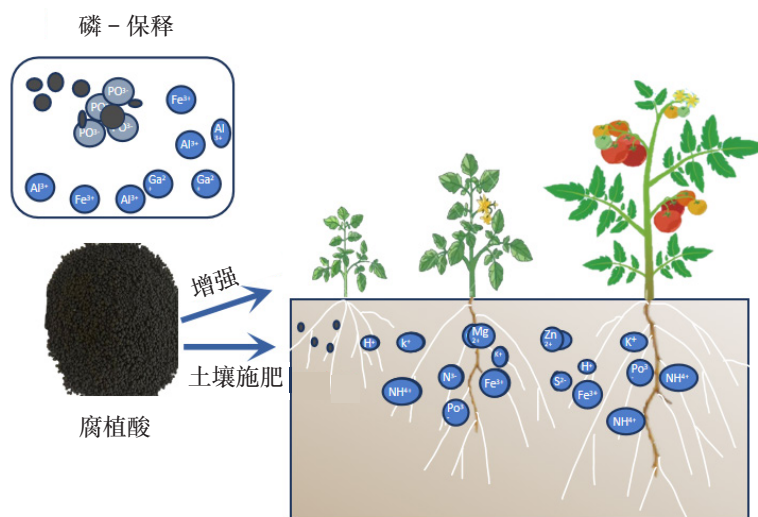


图 1 腐植酸对肥料养分的保持和释放

Fig.1 Retention and release of fertilizer nutrients by humic acid

### 1.2 腐植酸对肥料养分的转化和利用

腐植酸因具有较多的酸性官能团和较大的阳离子交换量，能够作为土壤调理剂改善土壤理化性质，增强土壤保蓄养分离子的能力；可以通过与

NPK 的结合作用、与磷酸盐的竞争作用以及对  $\text{K}^+$  的吸附作用固持与活化肥料中的养分，提高肥料有效性和缓释性能，从而提高肥料利用率<sup>[10]</sup>。主要表现在：（1）腐植酸的活性官能团可以与肥料中

的金属离子等发生络合或螯合反应,防止金属离子形成难溶性化合物沉淀,从而提高养分的溶解度和有效性<sup>[11]</sup>。(2)腐植酸可以与土壤中的 $\text{Ca}^{2+}$ 结合,降低 $\text{Ca-P}$ 沉淀生成,从而强化其他肥料或土壤磷素的作用<sup>[12]</sup>。(3)腐植酸能够与磷酸盐竞争土壤矿物表面的吸附位点,降低土壤矿物对磷酸盐的吸附。同时,腐植酸能够通过非生物作用固定肥料中的 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,并形成以吡啶和吡咯、酰胺-缩氨酸结构等为代表的化学物质与结合形式<sup>[13]</sup>。(4)腐植酸还可以与土壤中的 $\text{K}^+$ 相结合,生成以胶体化合物形式存在的腐植酸钾,提高土壤中 $\text{K}^+$ 的吸附特性,从而提高土壤中钾的有效性<sup>[14]</sup>。

### 1.3 腐植酸对土壤微生物活动的调节

腐植酸是一种有机大分子物质,能为土壤微生物提供丰富的碳源。土壤微生物营养主要包括C、O、N等元素以及一些矿质元素<sup>[15]</sup>。腐植酸具有吸附、络合、螯合、离子交换和氧化还原功能,能将 $\text{NH}_3-\text{N}$ 吸收固定转化为有效的 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 转化为 $\text{NO}_3^-$ ,减少土壤氮素 $\text{NH}_3-\text{N}$ 和 $\text{N}_2\text{O}_x$ 形态的挥发损失;腐植酸与 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 等金属离子发生络合反应,减少或避免它们对磷的固定作用,也可与难溶性中微量元素发生螯合反应,生成溶解度好且易被微生物吸收的腐植酸与微量元素螯合物,能将土壤中难溶性P、K、中微量元素转化为有效态养分,提高土壤中无效态养分的有效性,从而为土壤微生物提供更充足的营养<sup>[16]</sup>。研究表明,施用腐植酸类肥料可以显著增加土壤中三大类微生物(细菌、真菌和放线菌)的数量<sup>[17]</sup>。鞠龙泰<sup>[18]</sup>研究表明,黄腐酸肥料能增加土壤中真菌和细菌数量,且短期内对土壤的真菌影响最大,在施肥后第20天,处理组真菌数量幅度高达654.5%。同时,腐植酸有较强离子交换能力,可调节土壤酸碱度,缓冲酸碱变化,为微生物创造适宜生存环境<sup>[19]</sup>。此外,腐植酸对土壤微生物的多样性有一定的调节作用。高涵等<sup>[20]</sup>通过大田试验探究腐植酸肥料对辣椒根际土壤微生物数量和多样性的影响。结果表明,腐植酸可显著活化土壤,提升土壤微生物数量和多样性,优化土壤微生物结构,其中施用6%配比腐植酸复合肥效果最佳。

## 2 腐植酸在无机肥、有机肥、缓控释肥、叶面肥、液体肥中的应用

### 2.1 腐植酸与无机肥的配合应用

腐植酸是化肥提质增效最好的绿色伴侣。大量研究表明,利用腐植酸与化肥减量配施能够起到改良土壤,提高作物产量与品质的作用,而且能减少10%~30%的化肥施用量<sup>[21]</sup>。腐植酸与无机肥结合具有天然的优越性,无论是对单质肥料还是复合肥料,均能明显提高肥效、减少肥料的流失和固定、改善土壤理化性状等。其中腐植酸与氮肥结合形成腐植酸缓释氮肥,可以促进植物对氮元素的吸收,减少氮肥损失以及由此造成的氨污染,抑制硝化,从而提高氮肥利用率<sup>[22]</sup>。井水华等<sup>[23]</sup>研究减氮条件下腐植酸尿素和普通尿素对甘薯生长发育和肥料利用率的影响。结果显示,与普通尿素相比,施用腐植酸尿素的甘薯产量显著提高8.5%~12.1%,商品薯产量增加17.4%,且氮肥利用率提高10.0%~52.9%。腐植酸活泼的含氧官能团与磷肥的有效结合形成腐植酸磷复合物,使得部分水溶磷转化成枸橼溶磷,一方面可以减少对土壤中磷的固定,极大地提高了磷肥的当季利用率;另一方面腐植酸能活化土壤中被固定的磷,增加土壤的供磷能力<sup>[24]</sup>。李军等<sup>[25]</sup>利用土柱栽培试验探索在磷肥中添加腐植酸制成腐植酸磷肥。结果表明,腐植酸磷肥处理后玉米籽粒产量增加4.5%~13.6%,随着腐植酸添加量增大其产量越高,磷肥利用效率及磷素吸收量也得到提升,并显著提高了土壤中的速效磷含量。腐植酸与氢氧化钾反应生成一种新型腐植酸钾肥,腐植酸与 $\text{K}^+$ 结合有利于作物吸收,肥效更持久。王宇函等<sup>[26]</sup>通过研究腐植酸钾对小白菜产量、生理特性及养分利用效率的影响发现,腐植酸钾可提高小白菜钾含量,钾的总积累量高达50.7%,养分的吸收效率提高31.3%,同时氮、磷的吸收效率分别提高55.6%、40.0%。此外,腐植酸与氮磷钾络合反应生成腐植酸复合肥,有助于发挥多营养元素的“联合效应”,提高氮磷钾的利用效率,增强作物抗逆能力,促进作物生长,从而提高作物产量。



## 2.2 腐植酸在有机肥中的应用

腐植酸作为一种清洁绿色、生态环保、来源广泛的天然物质,被化肥企业视为制作有机肥料不可多得的成分<sup>[27]</sup>。对于腐植酸在有机肥中的应用,不是简单地把它作为载体或填充剂,而是让它参与制作有机肥的全过程<sup>[28]</sup>。腐植酸参与畜禽等有机质的腐熟发酵,能调节发酵料中的碳氮比,使发酵过程趋于理想状态。何随成<sup>[29]</sup>探究鸡粪发酵过程中添加与不添加腐植酸的对比试验结果表明,腐植酸在鸡粪的无害发酵处理中,显著加速了堆肥的腐熟过程,减短了堆肥所需的时间,从而提高生产效率,确保鸡粪发酵的完整性,保持较多有效氮,进一步增强了鸡粪的肥效。而且腐植酸具有良好的吸附性能,是一种优良的吸附剂,吸收腐熟过程中的氨,形成腐植酸铵。在腐熟发酵过程中,其自身肽和蛋白质也被降解为低分子量的氨基酸,从而有利于土壤中微生物和作物的吸收。孔德庸<sup>[30]</sup>研究了化肥减量配施腐植酸生物肥对土壤理化特性,以及芸豆植株养分吸收、碳氮代谢、抗氧化特性和产量构成的影响。结果显示,腐植酸生物肥能改善土壤物理性状、活化土壤养分,促进芸豆生长和养分吸收,增强植株抗逆性和碳氮代谢活性,进而降低了化肥减量施用的不利影响,提高群体保苗数量和单株产量形成能力。李慧等<sup>[31]</sup>研究了腐植酸有机肥对灵武长枣果实品质的影响。结果表明,与对照相比,施用腐植酸有机肥显著提高了叶片  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的含量,增加了 6.1% ~ 8.1%,叶绿素相对含量和净光合速率随着施肥量增加而提高,果实纵径、单果质量、可溶性固形物含量、维生素 C 含量显著增加,其中纵径和单果质量的增幅分别为 5.4% ~ 8.1%、11.2% ~ 12.9%,可溶性固形物含量随着施肥量增加呈现增加趋势,增加了 3.0% ~ 7.5%。

## 2.3 腐植酸在缓控释肥中的应用

缓控释肥料是一种同时调控不同元素比例静态平衡和供肥动态平衡的技术载体,根据作物生长不同时期的需肥量来调节其养分释放速率的肥料<sup>[32]</sup>。腐植酸缓释肥料对减少化肥用量、提高作物产量、防止面源污染等方面起了重要作用,成为建设现代农业的重大战略措施。这得益于腐植酸的活性官能

团能够与化学元素发生螯合和络合等反应,减缓了养分的释放,促进了作物对养分的吸收和利用。同时,腐植酸能与 N、P、K 络合,具有“控氮、促磷、保钾”作用,从而实现一次性施肥满足作物整个生长期的需求<sup>[33]</sup>。腐植酸是缓释包裹材料的主要成分,不含有害物质,可转化为作物吸收的碳营养或补充为土壤腐植酸和有机质,环保安全,无残留,并能滋养修复土壤,使其恢复活力<sup>[34]</sup>;还可促进作物生长,提高作物产量。中国科学院石家庄农业现代化研究所阎宗彪研究员带领他的科研团队研发了“腐植酸涂层缓释肥”,该肥料在大田作物上被大量推广和应用,其中在小麦、玉米、棉花、水稻、甘蔗等大田作物的应用面积已经近 1000 万公顷,增产节肥效益已超过 1000 亿元<sup>[35]</sup>。因腐植酸具有独特的缓释高效原理,增产提质效果显著,节水节肥节工,是具有中国特色的新型缓释肥料。潘丕克等<sup>[36]</sup>探明新型腐植酸缓释肥对刺龙牙生长和土壤的影响。结果表明,与施用过磷酸钙和不施肥相比,施用腐植酸缓释肥的刺龙牙成活率、苗高和地径均提高,当年生苗高为 73.75 cm,比不施肥提升了 21.90%。王百顺<sup>[37]</sup>通过在玉米上施用腐植酸涂层缓释肥进行对比试验。结果表明,施用腐植酸涂层缓释肥料可增加玉米穗粒数、千粒重等,玉米产量显著提高 6.5% ~ 11.2%,当每亩施用量为 50 kg 时,较普通复合肥每亩纯收益增加 109.26 元。

## 2.4 腐植酸在叶面肥(水溶肥)和液体肥中的应用

腐植酸叶面肥对环境无污染,是生产无公害、绿色、有机食品的首选肥种<sup>[38]</sup>。这类叶面肥既具有腐植酸的多种功能,又兼有无机肥的某些作用,与传统肥料相比,具有配方多样、吸收率高、速效、无残留、施用方式灵活等优点,不仅为作物提供需要的养分,刺激作物生长、提高产量、改善品质、改良土壤,且腐植酸中的酚羟基和酰基可相互转化,使之有效参与植物体内氧化还原反应,促进多种代谢活动,提高呼吸酶活性<sup>[39]</sup>。赵海燕等<sup>[40]</sup>探究喷施 2 次新型腐植酸型叶面肥对作物抗氧化和产量及品质的影响发现,喷施 1500 和 3000 g/hm<sup>2</sup> 叶面肥后 7 天和 14 天,小麦旗叶的叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白及超氧化物歧化酶等均提高,小麦籽粒



产量分别比对照增加 5.7% 和 8.3%。闫锋等<sup>[41]</sup>探究不同浓度腐植酸叶面肥对谷子农艺性状、光合指标及品质的影响发现,喷施腐植酸叶面肥可不同程度地增加谷子农艺性状,改善谷子品质,提高谷子产量,与 CK 比,不同浓度腐植酸叶面肥处理可增产 1.0% ~ 7.8%,其中腐植酸叶面肥 600 倍增产效果最好。

腐植酸液体肥料具有速溶、均匀、见效快、使用安全简单等优点,可以改善作物的生长状况,提高作物的产量及品质。张立丹等<sup>[42]</sup>采用盆栽试验研究腐植酸碱性液体肥对香蕉生长的影响及机制。结果表明,与常规复合肥相比,腐植酸碱性液体肥更有利于促进香蕉的生长,香蕉叶面积增加了 50 ~ 100 cm<sup>2</sup>,生物量、根系活力、土壤脲酶活性分别增加了 10% ~ 21%、89% ~ 188% 和 25% ~ 91%,酸性磷酸酶活性增加了 2.4 ~ 3.5 倍。龙惊惊等<sup>[43]</sup>研究 7 类 21 种新型增效剂对黄瓜果实产量和品质的影响。结果表明,以黄腐酸钾制备的液体肥料配方增产效果最好,黄瓜产量增加 72.6%,每亩增收 4808.2 元。

但需要注意的是,在使用腐植酸叶面肥和液体肥料时,应根据作物的生长状况、土壤环境以及气候条件等因素进行科学合理地施用,以达到最佳效果。同时,还应注意与其他农药或肥料的配合使用,避免产生不良反应或浪费资源。

### 3 腐植酸类肥料开发存在的问题与建议

我国有丰富的腐植酸资源,腐植酸类肥料在农业生产中应用前景广阔。大量研究和田间应用证明,使用腐植酸类肥料可以带来一系列的综合效益,包括提升土壤肥力、提高肥料利用率、增强作物抗性、增加作物产量、改善作物品质、增强土壤活力、减少环境污染、固碳增汇节能减排等,大力推广腐植酸类肥料一定能为我国农业发展注入新鲜的活力。但目前对于腐植酸类肥料的研究还满足不了未来的需求,在应用过程中仍存在诸多问题,在以下 3 个方面还有待提高。

(1) 微观层面作用机制不明确。腐植酸能与

土壤养分及肥料成分相互作用,然而在微观层面,如腐植酸与养分离子(如 K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>等)结合的精确定位点、结合方式及稳定性等方面的研究还不够深入,同时腐植酸与其他肥料成分协同增效的研究较少。未来需加强多学科之间的合作,整合各学科的研究方法和技术手段,全面深入地研究腐植酸增效肥料的作用机制。

(2) 缺乏统一的标准,养分含量不稳定。腐植酸类肥料尚无科学、统一的检测方法和产品标准,其养分含量往往受到原料来源、生产工艺和储存条件等多种因素的影响,导致产品质量及功效差异较大。这使得农民在使用时难以准确掌握施肥量,可能导致施肥过量或不足,从而影响作物的生长和产量。因此,未来我们还需加快制定腐植酸类肥料行业标准,采用作物试验,以生物活性和使用浓度作为质量评价依据,建立统一规范的标准体系,引导腐植酸类肥料市场的健康发展。同时,深入研究腐植酸类肥料的主要成分以及不同成分的作用机理,因地制宜,研究开发腐植酸产品,为当地经济发展做贡献。

(3) 与其他肥料合理搭配使用。腐植酸类肥料在与其他肥料配合使用时,可能会产生一些不良反应或相互作用,影响肥效的发挥。例如,酸性腐植酸类肥料与碱性肥料如草木灰(主要成分碳酸钾,水溶液呈碱性)、钙镁磷肥(碱性肥料)混合时,会发生酸碱中和反应。搭配使用时应注意肥料之间的相容性和配比关系,同时注意土壤的性质,确保养分均衡供应。

### 参考文献

- [1] 李娜,田云龙,张蕾,等.中国化肥减量增效行动与技术研究[J].农业资源与环境学报,2025,42(1): 1 ~ 10.
- [2] 赵秉强,袁亮.我国绿色高效化肥产品创新与产业发展[J].植物营养与肥料学报,2023,29(11): 2143 ~ 2149.
- [3] 杨雪贞,康锁倩,孙志梅.腐植酸在现代农业绿色发展中的应用前景[J].腐植酸,2020(5): 6 ~ 14.



- [4] 曾宪成, 李双. 共筑“土肥和谐”命运共同体 使命光荣[J]. 腐植酸, 2024 (1): 1 ~ 11, 39.
- [5] Xu W Y, Zhao D F, Ma Y, et al. Effects of long-term organic fertilizer substitutions on soil nitrous oxide emissions and nitrogen cycling gene abundance in a greenhouse vegetable field[J]. Applied Soil Ecology, 2023, 188: 104877.
- [6] 周丽平, 袁亮, 赵秉强, 等. 腐植酸的组成结构及其对作物根系调控的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28 (2): 334 ~ 343.
- [7] Ding Y Y, Bai X, Ye Z F, et al. Humic acid regulation of the environmental behavior and phytotoxicity of silver nanoparticles to *Lemna minor*[J]. Environmental Science: Nano, 2019, 6(12): 3712 ~ 3722.
- [8] Bravo C, Ramos R, Rodrigues J, et al. Kinetic considerations on the antioxidant properties of humic substances: an electrochemical approach[J]. Talanta, 2025, 291: 127829.
- [9] Yang F, Du Q, Sui L, et al. One-step fabrication of artificial humic acid-functionalized colloid-like magnetic biochar for rapid heavy metal removal[J]. Bioresource Technology, 2021, 328: 124825.
- [10] 刘方春, 邢尚军, 刘春生, 等. 褐煤腐植酸对钾的吸附特性研究[J]. 农业工程学报, 2006 (8): 27 ~ 31.
- [11] 于正国. 腐植酸添加方式对肥料中氮、磷有效性的调控[D]. 中国农业科学院硕士学位论文, 2021.
- [12] 史妮静, 谢水波, 张澜涛, 等. 生物炭负载纳米氯磷灰石复合材料对 U (VI) 的吸附性能及机理[J]. 精细化工, 2025, 42 (1): 176 ~ 185.
- [13] 张水勤, 袁亮, 林治安, 等. 腐植酸促进植物生长的机理研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23 (4): 1065 ~ 1076.
- [14] 任嘉茜, 刘薇, 张媛媛, 等. 腐植酸调控植物生长机理研究进展[J]. 腐植酸, 2025 (2): 5 ~ 13.
- [15] Jacoby R, Peukert M, Succurro A, et al. The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition-current knowledge and future directions[J]. Frontiers in Plant Science, 2017, 8: 1617.
- [16] 董睿潇, 莫力闻, 刘丹阳, 等. 腐植酸对土壤微生物和酶活性的影响[J]. 腐植酸, 2020 (4): 21 ~ 27.
- [17] 杨云马, 薛世川, 夏凤召, 等. 腐植酸复合肥对土壤微生物量的影响[J]. 华北农学报, 2007 (S2): 187 ~ 189.
- [18] 鞠龙泰. 黄腐酸肥料对“华金六号”金银花土壤养分状况及花蕾品质影响的研究[D]. 山东中医药大学硕士学位论文, 2021.
- [19] 郭越宏, 王建生, 张学洪, 等. 腐植酸对李氏禾-红壤处理系统中铬赋存形态、微生物群落及酶活性的影响[J]. 环境工程, 2021, 39 (12): 234 ~ 242.
- [20] 高涵, 范仲卿, 郭新送, 等. 腐植酸对辣椒根际土壤微生物数量和多样性的影响[J]. 山东农业科学, 2021, 53 (1): 64 ~ 68.
- [21] 孙海燕, 孙义卓, 周雯, 等. 化肥减量配施腐植酸生物肥对土壤生物学性质和玉米干物质质量的影响[J]. 应用生态学报, 2022, 33 (3): 677 ~ 684.
- [22] 雷菲, 王莉, 刘海林, 等. 腐植酸缓释氮肥对糯玉米产量、氮肥利用率及土壤细菌多样性的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50 (17): 271 ~ 275.
- [23] 井水华, 范建芝, 冯维清, 等. 腐植酸尿素对鲜食型甘薯生长及产量形成的影响[J]. 山东农业科学, 2021, 53 (4): 98 ~ 102.
- [24] 陈晨, 红梅, 施和平, 等. 腐植酸添加对土壤中重金属释放特征的影响[J]. 北方农业学报, 2023, 51 (3): 12 ~ 21.
- [25] 李军, 袁亮, 赵秉强, 等. 磷肥中腐植酸添加比例对玉米产量、磷素吸收及土壤速效磷含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23 (3): 641 ~ 648.
- [26] 王宇函, 姜存仓, 吕波, 等. 腐植酸钾对小白菜产量、生理特性及养分利用效率的影响[J]. 华中农业大学学报, 2018, 37 (1): 58 ~ 63.
- [27] Wang D F, Chen X G, Tang Z H, et al. Application of humic acid compound fertilizer for increasing sweet potato yield and improving the soil fertility[J]. Journal of Plant Nutrition, 2022, 45(13): 1933 ~ 1941.
- [28] Hasan B K, Jali I, Jwar A S. Effect of Humic acid and Iron on some growth vegetative characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.)[J]. University of Thi-Qar

- Journal of Agricultural Research, 2021: 258813695.
- [29] 何随成. 腐植酸在畜禽粪便无害化处理中的作用及效果 [C]. 第八届全国绿色环保肥料(农药)新技术、新产品交流会论文集, 2009.
- [30] 孔德庸. 化肥减量配施腐植酸生物肥对土壤特性及芸豆生长的影响 [D]. 黑龙江八一农垦大学硕士学位论文, 2023.
- [31] 李慧, 谢志强, 李白云. 腐植酸有机肥对灵武长枣光合荧光参数及果实品质的影响 [J]. 经济林研究, 2023, 41(4): 133 ~ 141.
- [32] Garcia P L, Trivelin P C O. Methods to quantify the nitrogen derived from the fertilizer in maize applying blends of controlled-release and NBPT-treated urea[J]. Journal of Plant Nutrition, 2023, 46(6): 1066 ~ 1076.
- [33] Maftu' Ah E, Susilawati A, Lestari Y, et al. Application of bio and NPK fertilizer to improve yield soybean and acid sulfate soil properties in Indonesia[J]. Chilean Journal of Agricultural Research, 2023, 3(1): 52 ~ 62.
- [34] 王丹, 孙艳敏, 梁中喜, 等. 含腐植酸缓释肥在小麦上应用效果初报 [J]. 农业科技通讯, 2018(5): 95 ~ 96.
- [35] 陈绍荣, 熊思健. 具有中国特色的腐植酸涂层缓释肥的作用机理与应用研究 [J]. 腐植酸, 2014(3): 6 ~ 10.
- [36] 潘丕克, 于洪亮, 徐阳, 等. 腐植酸缓释肥对刺龙牙生长及土壤性质的影响 [J]. 辽宁林业科技, 2023(2): 17 ~ 20, 57.
- [37] 王百顺. 腐植酸涂层缓释肥对玉米栽培的肥效影响 [J]. 腐植酸, 2017(2): 41 ~ 43.
- [38] 《腐植酸》编辑部. 110 篇腐植酸提高作物抗寒、抗旱、抗高温抗涝、抗干热风、抗病虫等能力文献摘编 [J]. 腐植酸, 2024(5): 59 ~ 79.
- [39] Rahbari A, Masoud S J, Damavandi A, et al. Castor bean (*Ricinus communis* L.) responses to drought stress and foliar application of Zn-nano fertilizer and humic acid: grain yield, oil content, antioxidant activity, and photosynthetic pigments[J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2021, 49(4): 1 ~ 19.
- [40] 赵海燕, 甘淳丹, 兰汝佳, 等. 喷施新型腐殖酸型叶面肥对小麦旗叶抗氧化和产量及品质的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2018, 41(4): 685 ~ 690.
- [41] 闫锋, 董扬, 赵富阳, 等. 腐植酸叶面肥对谷子农艺性状及理化指标的影响 [J]. 腐植酸, 2023(5): 43 ~ 47.
- [42] 张立丹, 高诚祥, 徐柠, 等. 腐植酸碱性液体肥对香蕉生长的影响及机制 [J]. 华南农业大学学报, 2022, 43(5): 12 ~ 19.
- [43] 龙惊惊, 李小明, 王远, 等. 液体肥增效剂对黄瓜果实产量和品质的影响 [J]. 北方园艺, 2018(17): 115 ~ 123.

## 理事长新语：认识腐植酸是一种境界

2014 年 6 月 5 日,“让腐植酸水溶肥普惠全人类”的八个科学故事,通过联合国的舞台传遍了世界。弘发正能量,偏说腐植酸肥效之神功就得戒。化肥是农业的大头,功不可没;腐植酸之于化肥,“扶绿抬爱”总相宜。腐植酸与化肥“联姻”,可以“一荣俱荣”。

让腐植酸环境友好肥料反哺土壤,必须起好腔定好调。相对于土壤环境而言,没有化肥是可以的,没有腐植酸是不行的;对于作物三大养分供给而言,没有化肥是不行的,有了腐植酸会更好;对于作物各生育期营养供给(木桶)而言,腐植酸既可补短又可圆通;对于土壤有机质而言,有机质不等于腐植酸,但腐植酸一定是最好的有机质,且与土壤又亲又近(本源性)。

正确认识“腐植酸—肥料—土壤”之间的“血脉”关系,是科学利用腐植酸的要门。用包容之心、生态之心,提高认识腐植酸的水平,需要“天人合一”的思想境界。

(2014 年 11 月 14 日曾宪成题)