



简述腐植酸与土壤肥力对烤烟产质量的影响

陈文博 于林燚 孙福仁 陶 轩 杨 雷 张一扬*

湖南农业大学农学院 长沙 410128

摘 要: 植烟土壤酸化、养分失衡和微生物群落结构单一化是影响烤烟产质量的主要不利因素。腐植酸作为一种新型土壤改良剂和肥料,在改良土壤理化性质、提高作物养分利用率和保障国家粮食安全等方面具有重要作用。本文系统梳理了国内学者在植烟土壤和农业上应用腐植酸的研究成果,围绕腐植酸对土壤理化性质、微生物群落结构、酶活性及烤烟产质量等方面开展了比较分析,重点阐述了腐植酸改良土壤与提升烤烟产质量相互影响的机理,并就腐植酸在烤烟生产中的应用提出了 3 点讨论。

关键词: 腐植酸; 土壤理化性质; 土壤微生物; 土壤酶; 烤烟

中图分类号: TQ314.1, S572

文章编号: 1671-9212(2024)06-0053-07

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.06.003

Brief Description of the Effects of Humic Acid and Soil Fertility on the Yield and Quality of Flue-cured Tobacco

Chen Wenbo, Yu Linyi, Sun Furen, Tao Xuan, Yang Lei, Zhang Yiyang*

College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, 410128

Abstract: Tobacco-planting soil acidification, nutrient imbalance and microbial community structure simplification are the main adverse factors affecting the yield and quality of flue-cured tobacco. As a new type of soil conditioner and fertilizer, humic acid plays an important role in improving the physical and chemical properties of soil, increasing the nutrient utilization rate of crops, and guaranteeing national food security. In this paper, we systematically sorted the research results of domestic scholars on the application of humic acid in tobacco-planting soil and agriculture, and carried out comparative analyses around the effects of humic acid on soil physicochemical properties, microbial community structure, enzyme activity, and the yield and quality of flue-cured tobacco, focusing on the mechanism of the interaction between humic acid in improving soil and enhancing the yield and quality of flue-cured tobacco. Three points were discussed regarding the application of humic acid in flue-cured tobacco production.

Key words: humic acid; physical and chemical properties of soil; soil microorganism; soil enzyme; flue-cured tobacco

土壤结构和肥力状况与烤烟的生长和发育关系密切。由于长期过量施用化肥,有机肥施用不足,我国大部分烟草种植地区出现了植烟土壤酸化、板

结、营养失衡,土壤酶活性降低,土壤有机质含量减少等土壤质量退化问题^[1],严重影响了植烟土壤可持续利用和烤烟产质量。腐植酸是土壤有机质的

[基金项目] 中国烟草总公司湖南省公司重点项目(项目编号 HN2022KJ06)。

[收稿日期] 2024-03-29

[作者简介] 陈文博,男,1999年生,硕士研究生,主要从事烟草栽培与生理生态研究,E-mail: 2848017284@qq.com。

*通讯作者: 张一扬,男,副研究员,E-mail: cnhnscs@163.com。



重要组成部分,可改善土壤理化性质、促进土壤微生物活动,还可增强植物对养分的吸收和利用。腐植酸肥料在农业生产中的应用越来越得到人们的重视。本文归纳了施用腐植酸对土壤理化性质、微生物群落结构、土壤酶活性及烤烟产质量等方面的影响,为其在农业生产中的应用提供理论支持。

1 腐植酸对土壤理化性质的影响

1.1 腐植酸与土壤含水率

腐植酸影响土壤含水率的相关机理是:腐植酸中的羟基和羧基能够与土壤中的 Ca^{2+} 发生反应,通过作物根系分泌物促进土壤团粒结构的形成;

腐植酸还因其具有吸附性、络合性和胶体性等特点,可与土壤中的矿质物质进行凝聚反应,形成土壤团粒结构,有效降低土壤容重,提高土壤孔隙度,增加土壤持水量^[2]。腐植酸类物质吸水率可达 500% ~ 600%,是黏土颗粒吸水率的 7 ~ 10 倍^[3]。腐植酸中的羧基、羰基等与水接触后电离并与水分子结合生成氢键,进一步提高了土壤含水率^[4]。

由表 1 可知,施用腐植酸后各地区土壤含水率与对照相比增加了 9.0% ~ 53.0%。叶协锋等^[5]在河南郑县开展腐植酸对植烟土壤理化性状影响研究发现,施用腐植酸可增强植烟土壤的保水能力。这与其他研究^[6~8]结论基本一致。因此,施用腐植酸可以提高土壤含水率。

表 1 腐植酸对土壤含水率的影响

Tab.1 Effects of humic acid on soil moisture content

地区	未施用 (g/kg)	施用 (g/kg)	变化率 (%)
河南郑县	11.68	12.76	+9.3
黑龙江汤原县	11.1	12.1	+9.0
浙江上虞区	35.8	40.3	+12.6
东北松嫩平原	31.5	48.2	+53.0

注:表中数据引用了文献[5~8]。施用腐植酸处理均采用最佳施用量数据,表2~表4、表7同。

1.2 腐植酸与土壤 pH

腐植酸影响土壤 pH 的相关机理是:当土壤 $\text{pH} > 7$ 时,腐植酸中的酸性官能团可释放 H^+ 与土壤中碱性物质发生中和反应生成水,从而降低土壤碱性^[9]。土壤中交换性 H^+ 、 Al^{3+} 增加和盐基离子减少是造成土壤酸化的主要原因^[10]。土壤 $\text{pH} < 7$ 时,腐植酸可与土壤中的 Al^{3+} 结合形成稳定的络合物,抑制了 H^+ 的生成,从而缓解土壤酸度^[3]。长期施用含腐植酸的肥料,能够提高土壤的缓冲能力,使土壤溶液保持在适宜的 pH 范围内,不易因外界加酸、碱性物质或稀释而有较大波动,并逐渐改善酸性土和盐碱土的理化性状,使作物在适宜的环境中生长^[11]。

由表 2 可知,碱性土壤施用适宜腐植酸或腐植酸肥料可降低土壤 pH,酸性土壤施用适宜腐植酸或腐植酸肥料可升高土壤 pH^[12~15]。蔡宪杰等^[12]在河南许昌开展腐植酸类肥料对碱性植烟土壤 pH

影响时发现,施用腐植酸复合肥可降低土壤 pH,且施用量愈大,降低幅度愈大。黄振瑞等^[13]在广东梅州开展奈安与腐植酸促进烤烟生长及消减烟叶镉污染协同效应的研究,收获烤烟后比较各处理的土壤 pH 发现,单独施用腐植酸比对照土壤 pH 升高 0.50 个单位,说明腐植酸可降低植烟土壤的酸性。因此,腐植酸是调节土壤 pH 的有效缓冲剂。

1.3 腐植酸与土壤肥力

腐植酸影响土壤肥力的相关机理是:腐植酸是一种有机胶体,可促进土壤团聚体的形成,改善土壤团粒结构,调节土壤水、肥、气、热状况,从而改善土壤肥力。土壤阳离子交换量的大小可以反映土壤保持养分的能力。腐植酸阳离子交换量比土壤阳离子交换量高 10 ~ 20 倍,因此施用腐植酸可以提高土壤肥力^[16]。腐植酸含有机大分子基团,能活化多种被土壤固定的养分元素,提高土壤有机质和速效养分含量;能使土壤中自生固氮菌的数量显



著增加，生物固氮作用得到加强，土壤中硝酸盐含量增加，为作物提供丰富的氮素营养^[17]。腐植酸施入土壤后能与土壤中的 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等金属离子络合，形成稳定的络合物，从而抑制金属离子与有效磷的络合，减轻土壤对有效磷的固定^[18]。施入土壤中的钾元素首先被腐植酸吸附，避免土壤对钾元素的固定，降低土壤的固钾率^[16]。

由表 3 可知，施用腐植酸后，各地区土壤有机质含量相比对照增加了 3.75% ~ 42.00%。田艳洪等^[6]在研究腐植酸对连作植烟土壤性状及烟株生长的影响时发现，与常规施肥相比施用腐植酸 300 kg/hm² 在烟株生育末期使得土壤有机质提高了

11.11%。其他研究^[5 ~ 7, 19]也有基本一致的结论。

由表 4 可知，施用腐植酸后，各地区土壤中的碱解氮含量较对照增加了 3.40% ~ 32.14%，速效磷含量较对照增加了 10.60% ~ 74.85%，速效钾含量较对照增加了 28.80% ~ 47.25%。叶协锋等^[5]在研究腐植酸对植烟土壤理化性状的影响时发现，施用腐植酸后土壤中的速效磷含量高于对照，特别是团棵期土壤中的速效磷含量要比对照高 5 ~ 20 mg/kg，且施用腐植酸后在烤烟生长后期土壤仍然保持了较高的速效钾含量。其他研究^[20 ~ 22]也有基本一致的结论。因此，施用腐植酸可以有效地提高土壤肥力。

表 2 腐植酸对土壤 pH 的影响
Tab.2 Effects of humic acid on soil pH

地区	施用前	施用后	上升 / 下降
河南许昌	8.16	7.83	下降
广东梅州	5.27	5.77	上升
山东临沂	4.21	4.62	上升
河南焦作	8.20	7.50	下降

注：表中数据引用了文献 [12 ~ 15]。

表 3 腐植酸对土壤有机质的影响
Tab.3 Effects of humic acid on soil organic matter

地区	未施用 (g/kg)	施用 (g/kg)	变化率 (%)
河南郑县	22.13	22.96	+3.75
黑龙江汤原县	0.0189	0.021	+11.11
浙江上虞区	11.25	12.33	+9.60
陕西商洛	13.73	19.50	+42.00

注：表中数据引用了文献 [5 ~ 7, 19]。

表 4 腐植酸对土壤养分的影响
Tab.4 Effects of humic acid on soil nutrients

地区	碱解氮			速效磷			速效钾		
	未施用 (mg/kg)	施用 (mg/kg)	变化率 (%)	未施用 (mg/kg)	施用 (mg/kg)	变化率 (%)	未施用 (mg/kg)	施用 (mg/kg)	变化率 (%)
河南郑县	63.53	75.77	+19.27	24.10	42.14	+74.85	223.68	309.44	+38.34
黑龙江大庆	161.91	171.67	+6.02	10.60	14.61	+37.93	202.01	259.75	+28.58
北京昌平	84	111	+32.14	9.4	14.3	+52.13	91	134	+47.25
河北唐山	76.57	79.17	+3.40	33.76	37.34	+10.60	347.16	447.04	+28.80

注：表中数据引用了文献 [5, 20 ~ 22]。



2 腐植酸对土壤微生物群落结构的影响

腐植酸影响土壤微生物群落结构的相关机理是：腐植酸通过改良土壤结构、增加土壤含水率、调节土壤 pH 等，为土壤微生物提供了适宜的繁殖条件，从而改善了土壤微生态环境。腐植酸可以增加土壤微生物细胞膜的透性，促进微生物对营养物质的吸收^[9]。腐植酸含碳氮等营养元素，为土壤微生物生长提供了充足的营养来源，从而增加了土壤微生物数量和活性^[23]。腐植酸可以作为微生物体内呼吸作用的电子受体，促进能量生成，进而影响微生物生长和繁殖^[24]。腐植酸具有促进作物根系生长发育的作用，增加作物根系数量及其分泌物，改善土壤微环境，从而增加土壤微生物数量。腐植酸还能降低黄曲霉、轮枝孢霉等致病菌在真菌总量的占比^[25]。孙世君等^[26]研究发现，连作导致土壤

中变形菌门等的相对丰度降低，增施腐植酸可显著提高变形菌门等的相对丰度；在属水平上的研究同样表明，腐植酸改变了细菌属的群落结构，而且在不同年限的土壤中施入腐植酸，真菌的相对丰度在不同门和属水平上表现不同。

由表 5 可知，施用腐植酸后各地区细菌数量均呈增加趋势，但部分地区真菌数量呈降低趋势，这是因为腐植酸降低了土壤有害真菌数量。叶协锋等^[27]在河南郑县开展腐植酸对植烟土壤性状及烤烟品质影响的研究发现，腐植酸可提升植烟土壤微生物数量和活性，这与袁婉潼^[28]研究结果一致。同时，有研究表明^[25, 29]，腐植酸可以降低土壤有害真菌的数量，降低比例在 12% ~ 17% 之间。因此，施用腐植酸不仅可以增加植烟土壤微生物数量，提高植烟土壤微生物活性，还可以降低土壤有害真菌的数量。

表 5 腐植酸对土壤微生物的影响
Tab.5 Effects of humic acid on soil microorganisms

地区	细菌			真菌		
	未施用 (cfu/g)	施用 (cfu/g)	增加 / 降低	未施用 (cfu/g)	施用 (cfu/g)	增加 / 降低
山东济宁	8.5×10^7	10.8×10^7	增加	4.3×10^5	3.3×10^5	降低
河南郑县	2.5×10^6	3.8×10^6	增加	6.7×10^4	2.89×10^5	增加
辽宁盘锦	8.31×10^6	1.467×10^7	增加	2.32×10^4	4.51×10^4	增加
山东泰安	5.3×10^6	7.7×10^6	增加	6.2×10^4	5.1×10^4	降低

注：表中数据引用了文献 [25, 27 ~ 29]。施用腐植酸处理均采用同一时期且最佳施用量数据，表 6 同。

3 腐植酸对土壤酶活性的影响

腐植酸影响土壤酶活性的相关机理是：土壤酶主要来源于土壤微生物和作物根系分泌物^[29]。腐植酸的施入一方面通过改良土壤理化性质，改善土壤微生态环境，促进土壤微生物的繁殖，增加土壤微生物的数量和种类，而且还促进植物根系的生长，以此增加土壤微生物和作物根系分泌物，从而提高土壤酶活性^[30]；另一方面腐植酸作为有机质可以为微生物生命活动提供充足的碳源，增加土壤微生物种类和数量，增强土壤微生物的代谢、分泌功能，进而提高土壤酶活性^[28, 29]。施用腐植酸可以改善土壤 pH，在适宜 pH 下有利于脲酶活性、过氧化

氢酶活性的提高^[30]。腐植酸施入土壤，对作物根系产生刺激作用，增强根系分泌物质的能力，从而增加土壤蔗糖酶的量，而土壤中的腐植酸和土壤蔗糖酶能够形成一种酶 - 腐殖物质复合体，使酶能够形成一种稳定的结构，以增强酶的活性^[24]。

由表 6 可知，施用腐植酸后，各地区土壤脲酶活性较对照增加 11.10% ~ 133.33%，土壤过氧化氢酶活性较对照增加 2.87% ~ 9.80%，土壤蔗糖酶活性较对照增加 11.95% ~ 48.45%。毛凯伦等^[19]在陕西商洛开展蚯蚓粪与腐植酸混施对植烟土壤质量影响的试验发现，施用腐植酸能显著提高土壤酶活性，这与其他研究结果^[20, 29, 30]基本一致。因此，施用腐植酸可以提高土壤酶活性。



表 6 腐植酸对土壤酶活性的影响
Tab.6 Effects of humic acid on soil enzyme activity

地区	脲酶			过氧化氢酶			蔗糖酶		
	未施用 [mg/(g·d)]	施用 [mg/(g·d)]	变化率 (%)	未施用 [mg/(g·d)]	施用 [mg/(g·d)]	变化率 (%)	未施用 [mg/(g·d)]	施用 [mg/(g·d)]	变化率 (%)
陕西商洛	0.51	1.03	+101.96	58.56	62.40	+6.56	7.52	8.76	+44.00
黑龙江大庆	0.38	0.42	+11.10	3.57	3.82	+7.09	31.80	36.17	+13.75
山东泰安	0.578	0.757	+31.03	10.32	10.62	+2.87	0.00871	0.00975	+11.95
内蒙古清水河县	0.57	1.33	+133.33	16.63	18.26	+9.80	22.52	33.43	+48.45

注：表中数据引用了文献 [19, 20, 29, 30]。

4 腐植酸对烤烟产质量的影响

烤烟长期连作以及大量使用化肥，出现烤烟土传病害程度加深、土壤板结、肥力下降，有机质含量、土壤酶活性和微生物活性降低等问题^[1, 31]，最终导致烤烟生长发育受阻，产质量降低。

腐植酸影响烤烟产质量的相关机理是：施用腐植酸可以改善土壤理化性质、增加土壤微生物数量和活性，有利于土壤矿质营养的释放和烤烟对营养的吸收；可以调控土壤养分转化，提高其利用效率，促进烤烟生长。根系是作物吸收水分和养分的主要营养器官，是保证作物高产高效的必要条件^[32]。腐植酸可以刺激烤烟根系生长，提高根系活力，为提高烤烟产量、改善烤烟品质创造了良好的条件。腐植酸还能缓解逆境胁迫对烤烟生长的影响。水分、温度、盐分和重金属等逆境胁迫下，腐植酸通过刺激烤烟体内各器官中蛋白质和酶的合成，增强烤烟体内过氧化物酶、过氧化氢酶等与活性氧代谢相关的酶活性，并降低丙二醛含量和质膜透性，调节烤

烟体内的活性氧含量，减轻膜脂过氧化程度，使烤烟保持较快的生长速度，从而增强烤烟对干旱、寒冷、盐分和重金属等逆境的抗性^[33]。叶绿素是植物进行光合作用不可缺少的物质，植物体内叶绿素含量直接影响光合作用的强弱，光合作用的强弱直接影响植物的生长。施用腐植酸使烤烟体内的叶绿素含量明显提高^[34]，且能够有效地提高烤烟植株内源激素含量，从而提高烟叶光合作用强度，为形成良好的品质奠定物质基础^[20]。

由表 7 可知，我国主产烟区河南、云南和广西多地施用腐植酸的烤烟产量比对照增加 6.02% ~ 15.80%，同时产值也相应增加 11.68% ~ 24.92%，均呈现出增产增收效应。2005 年，王树会等^[35]在云南昆明开展的不同腐植酸用量试验表明，合理施用腐植酸 8 g/ 株的处理烤烟产量产值最高，同时能增加烤后烟叶中总糖、还原糖的含量，提升烤烟品质。其他研究^[12, 36, 37]也有基本一致的结论。因此，大田种植烤烟时，合理增施腐植酸肥料可明显提高烤烟产值和改善烤烟品质。

表 7 腐植酸对烤烟产量产值的影响
Tab.7 Effects of humic acid on yield and output value of flue-cured tobacco

地区	试验 年份	产量				产值			
		未施用 (kg/hm ²)	施用 (kg/hm ²)	增加量 (kg/hm ²)	增加率 (%)	未施用 (元 /hm ²)	施用 (元 /hm ²)	增加量 (元 /hm ²)	增加率 (%)
云南昆明	2005	1816.80	2103.75	286.95	15.80	14077.95	17585.55	3507.60	24.92
云南楚雄	2021	2978.85	3175.34	196.49	6.60	51171.44	57148.64	5977.20	11.68
广西百色	2017	2271.50	2408.30	136.80	6.02	34816.10	42658.90	7842.80	22.53

注：表中数据引用了文献 [12, 35 ~ 37]。

5 3 点讨论

腐植酸在农业上,特别是土壤环境改良与治理方面发挥着重要作用。烟草作为重要的经济作物,腐植酸、腐植酸肥料产品在烟草生产实践中可以提高产量和改善品质,且效果显著。本文就腐植酸在烤烟生产中的应用提出3点讨论。

(1) 腐植酸的来源广泛,不同来源和提取方法都导致其质量和成分存在较大差异,从而影响烤烟种植过程中使用效果的稳定性和可预测性。因此,通过更先进的提取和检测技术,建立更严格和统一的质量标准,以确保腐植酸产品质量稳定和可靠。

(2) 烤烟所处地区的土壤质地、气候条件等环境因素会对腐植酸的作用效果产生较大影响,使其在某些特定条件下效果不显著。因此,针对不同的环境条件和烤烟需求,开展更深入的研究,以实现腐植酸的精准应用,最大程度地发挥其作用。

(3) 腐植酸可明显改善植烟土壤状况,因此腐植酸复合肥是很重要的一个研究方向。研究腐植酸与化肥的配比和最佳施用时间等问题,在增加烤烟产量和提高品质的基础上,保持土壤肥力,改善植烟土壤环境。

参考文献

- [1] 任宏. 施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J]. 农村经济与科技, 2019, 30(6): 5, 13.
- [2] 孙倩. 提取腐殖酸及其对土壤环境和植物生长的影响[D]. 南京农业大学博士学位论文, 2016.
- [3] 章智明, 黄占斌, 单瑞娟. 腐植酸对土壤改良作用探讨[J]. 环境与可持续发展, 2013, 38(3): 109 ~ 111.
- [4] 李小华, 张建民, 黄占斌. 腐植酸在退化土壤改良中的应用研究[J]. 科学, 2020, 72(2): 31 ~ 34, 4.
- [5] 叶协锋, 凌爱芬, 刘清华, 等. 腐殖酸对植烟土壤理化性状影响的研究[J]. 中国农业科技导报, 2010, 12(6): 120 ~ 125.
- [6] 田艳洪, 赵晓峰, 刘文志, 等. 腐殖酸对连作烟田土壤性状及烟株生长的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2012(3): 58 ~ 61.
- [7] 应永庆, 傅庆林, 郭彬, 等. 腐殖酸对滨海盐土土壤性质及水稻产量的影响[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(22): 121 ~ 123, 131.
- [8] 顾鑫, 任翠梅, 杨丽, 等. 天然煤炭腐植酸对盐碱土改良效果的研究[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(9): 57 ~ 61.
- [9] 高亮. 腐植酸在酵素农业上的应用研究进展[J]. 腐植酸, 2017(6): 10 ~ 16.
- [10] 范庆锋, 张玉龙, 陈重, 等. 保护地土壤酸度特征及酸化机制研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(3): 466 ~ 471.
- [11] 张丽, 王小璇. 腐植酸对土壤性质及作物生长发育影响的研究进展[J]. 腐植酸, 2023(5): 21 ~ 27.
- [12] 蔡宪杰, 杨义方, 马永建, 等. 腐殖酸类肥料对碱性植烟土壤 pH 及烤烟产量质量的影响[J]. 中国农学通报, 2008(6): 261 ~ 265.
- [13] 黄振瑞, 林阿典, 李集勤, 等. 奈安与腐植酸促进烤烟生长及消减烟叶镉污染的协同效应[J]. 南方农业学报, 2021, 52(2): 429 ~ 438.
- [14] 刘伟, 李文平, 陈祥福, 等. 含腐植酸土壤调理剂对酸性土壤改良的应用效果[J]. 腐植酸, 2020(4): 44 ~ 47, 55.
- [15] 裴瑞杰, 王俊忠, 冀建华, 等. 腐殖酸肥料与氮肥配施对土壤理化性质的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(19): 331 ~ 334.
- [16] 范慧娟. 浅议腐植酸肥料在改良土壤及提高肥料利用率中的作用[J]. 中国农业信息, 2014(1): 105.
- [17] 陈静, 黄占斌. 腐植酸在土壤修复中的作用[J]. 腐植酸, 2014(4): 30 ~ 34, 65.
- [18] 吕金东, 习利群. 腐植酸复合肥在桉树栽培中的应用[J]. 江西林业科技, 2006(S1): 14, 20.
- [19] 毛凯伦, 李司童, 李晓娜, 等. 蚯蚓粪与腐殖酸混施对植烟土壤质量及烟叶品质的影响[J]. 土壤通报, 2018, 49(4): 911 ~ 918.
- [20] 肖瑶. 腐植酸肥对重茬烤烟土壤性质与烟株生长发育的影响[D]. 黑龙江八一农垦大学硕士学位论文, 2016.
- [21] 刘宗萌, 林志灵, 吴传金, 等. 生物腐植酸土壤调理



- 剂在苹果树上的应用效果研究[J]. 腐植酸, 2016(6): 31 ~ 35.
- [22] 丁守鹏, 张国新, 姚玉涛, 等. 腐植酸肥料对滨海盐碱地土壤性状及番茄生长和品质的影响[J]. 河北农业科学, 2021, 25(6): 65 ~ 70.
- [23] 李冬丽, 马欣, 孔吉林. 腐植酸应用领域研究进展[J]. 当代化工, 2023, 52(11): 2736 ~ 2741.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 孙世君, 刘琦, 叶英杰, 等. 腐植酸对不同连作年限温室黄瓜土壤养分和微生物群落结构的影响[J]. 河南农业科学, 2022, 51(2): 65 ~ 74.
- [27] 叶协锋, 凌爱芬, 张斌, 等. 腐植酸对烤烟土壤性状及烟叶品质的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(5): 170 ~ 173.
- [28] 袁婉潼. 生物腐植酸对盐碱土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(1): 1 ~ 4, 45.
- [29] 宋以玲, 于建, 陈士更, 等. 腐植酸生物有机肥对土壤性质及小麦产量的影响[J]. 腐植酸, 2019(3): 34 ~ 41, 47.
- [30] 马斌, 刘景辉, 张兴隆. 褐煤腐植酸对旱作燕麦土壤微生物量碳、氮、磷含量及土壤酶活性的影响[J]. 作物杂志, 2015(5): 134 ~ 140.
- [31] 周之栋, 卜晓莉, 吴永波, 等. 生物炭对土壤微生物特性影响的研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2016, 40(6): 1 ~ 8.
- [32] 曹秀, 夏仁学, 杨环宇, 等. 沙培条件下磷、钾、钙亏缺对枳 (*Poncirus trifoliata*) 幼苗根系形态及营养吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 981 ~ 988.
- [33] 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.
- [34] 刘茜, 马飞跃, 于建军, 等. 腐植酸对植烟土壤和烟草影响的研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(4): 132 ~ 136.
- [35] 王树会, 张红艳. 不同腐植酸用量对烤烟生长及产质的影响[J]. 中国农学通报, 2007(1): 288 ~ 291.
- [36] 方亮, 李文标, 董继翠, 等. 化肥减量配施腐植酸对烤烟生长及产量和品质的影响[J/OL]. 浙江农业科学, 2023: 1 ~ 8. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1076.S.20231115.1142.002.html>.
- [37] 帅京彤, 陈初, 姜浩, 等. 滴灌条件下腐植酸复合肥对山地烤烟生长和产质量的影响[J]. 腐植酸, 2021(2): 38 ~ 43.

理事长新语：因应化肥说出腐植酸的话

——新时期确立“有机-无机营养供给理论”和“腐植酸有机-无机营养供给理论”十分重要

化肥是农事的当家肥，化肥爆裂土壤也是事实。“要么化肥好，要么化肥不好”，破除“二元无解”的魔咒在此一举。化肥本身没问题（排除生产降耗等因素），怎么使用需要变。化肥定义为“养分材料”比较好。化肥之于土，无土不存。土壤之于肥，无养不生。化肥是植物养分外供最大的“给养库”；腐植酸是土壤最大的“储碳库”，还是判断土壤肥力的“金标准”。“让腐植酸从土壤中来回到土壤中去”，是我们主观作为的着力处。确立“有机-无机营养供给理论”和“腐植酸有机-无机营养供给理论”的“两机理论”，是指导中国农业和世界农业可持续发展的“福音”。发展气候农业，让“两机”再造，通过黑色腐植酸、腐植酸低碳肥料大量投放，功在当代、利在千秋。

（2018年3月29日曾宪成题）