

李 赞, 刘 迪, 范如芹, 等. 土壤改良剂的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(10): 63–69.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.10.011

土壤改良剂的研究进展

李 赞^{1,2}, 刘 迪², 范如芹², 刘丽珠², 张振华²

(1. 南京农业大学资源与环境科学学院, 江苏南京 210014;

2. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所/农业农村部江苏耕地保育科学观测实验站, 江苏南京 210014)

摘要:土壤障碍和土壤退化是限制农业生产力发展的主要原因。土壤改良剂的研发和应用对改良障碍土壤和缓解土壤退化具有重要的现实意义。本文主要综述了土壤改良剂的种类、作用机制及其对土壤性状和作物生长与产量等的影响, 指出了土壤改良剂研究中存在的问题及今后的研究方向。

关键词:土壤改良剂; 土壤理化性质; 土壤肥力; 生产力; 土壤微生物; 土壤酶

中图分类号: S156.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)10-0063-06

在农业生产中土壤改良剂是指在作物受到各种自然因素或人为因素, 如土壤沙质化、板结化、盐碱化等土壤退化和重金属离子、化学物质污染的作用后, 施用的以使土壤状况更适宜作物生长的非肥料类物质^[1]。19 世纪末, 人们开始着手于土壤改良剂的研究。20 世纪 50 年代前, 基于当时土壤改良剂的研究情况, 研究者们将土壤改良剂的研究重点放在天然改良剂上^[2]。经过一些探索和研究, 关于土壤改良剂的研究范畴, 研究者们不仅在天然物料领域取得了相应的研究进展, 在改善土壤的效果方面也取得了明显的研究进展。然而, 在土壤改良剂推广方面的研究进展不太乐观, 其原因在于土壤改良剂用量较大和成本较高^[3]。20 世纪 70~80 年代, 研究者们对土壤改良剂的研究进入了 1 个巅峰期, 并且西方较发达国家如美国、比利时、利比亚、法国等在土壤改良剂方面的应用也比较广泛^[4]。2000 年以后, 土壤改良剂的研制已相当成熟, 在发达国家, 土壤改良剂已得到广泛推广。比利时研制出了沥青乳化保湿剂, 它能像化肥一样施用于沙漠中, 并能长期储存沙土中的水分, 保证植物的正常生长; 法国利用聚合物制成亲水松土剂, 用于湿润和疏松土壤; 日本研制出了液体通气保湿剂, 内含

聚乙稀醇、脱乙酰甲壳质、氨基酸、单宁等化学物质, 这种改良剂能有效改善土壤的团粒结构, 提高其通气性、透水性和保水性; 美国一家农场利用硫酸铵降钠肥土剂, 成功改良了高钠土壤, 降低了土壤中的钠含量, 为水稻生长提供了良好的环境, 促进了作物生长发育; 印度则利用纸厂废渣来改良土壤, 有效降低了土壤酸度, 提高了土壤中钾、钙、镁等微量元素含量; 随着人们需求的提高, 对改良剂的要求也越发严格, 为此人们开始制备高吸水速度、高耐盐性以及强机械性能的复合型改良剂^[5-6]。利用淀粉及其衍生物与含有 $-SO_3H$ 基团的单体聚合, 制备出了耐盐性能较好的保水剂^[7]。随着改良剂技术的迅猛发展, 许多国家展开了对其性能和应用的广泛探索^[8]。研究者们根据不同土壤类型制成不同类别改良剂, 创造性地解决了高分子吸水材料、土壤矿物质和粉煤灰等有机结合的复配制造问题^[9], 为土壤改良剂的研发提供了一条新路径。

与发达国家相比, 我国在改良剂的研究方面起步较晚, 直到 20 世纪 80 年代初, 吉林省石油化工设计研究院和河南省科学院化学研究所才开始研究改良剂。1984—1985 年改良剂的研究正式进入高峰期, 全国多个科研机构对其性能进行了研究和改善^[10]。我国在改良剂研制方面取得了一些成果, 由中国农业大学教授张青文研制, 北京北农康地生物技术有限公司生产的“康地宝”, 在安达、网山等地的试验表明, 施用康地宝结合深松的土壤含盐量大降低, 能有效去除盐碱对作物的毒害影响, 从而影响作物的生长和发育。在内蒙古和新疆等地, 施用了北京飞鹰绿地科技发展有限公司研制的“禾

收稿日期: 2019-05-23

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(16)1001-4];

江苏省农业科学院基金(编号: 6111637)。

作者简介: 李赞(1992—), 男, 河南商丘人, 硕士研究生, 主要从事土壤改良研究。E-mail: 924489731@qq.com。

通信作者: 张振华, 博士, 研究员, 主要从事土壤改良和修复研究。

Tel: (025)84391207; E-mail: zhenhuaz70@hotmail.com。

康”土壤盐碱清除剂后,土壤性状得以改善^[11]。中国农科院土壤肥料研究所与北京燕山石化公司共同研制出的土壤改良剂(乳剂,又称液态地膜),在提高土壤含水量、增加土壤湿度、促进土壤团聚体形成等方面具有显著作用^[12]。对冬小麦施加一种以稻秆为主要原料研制出的秸秆型土壤改良剂能显著提高小麦地上部分各生长期干物质累积量^[13]。

1 土壤改良剂的原料及种类

1.1 土壤改良剂的原料

土壤改良剂是能够有效改善土壤性状的一种物料^[14-16]。土壤改良剂原料种类繁多,主要有粉煤灰、城市固体污染物、石灰粉、泥炭、作物秸秆、沸

石、畜禽粪便、蒙脱石粉以及豆科绿肥等^[17]。土壤改良剂的原料非常多,使得其成分非常复杂,而土壤改良剂的种类不同,其成分也不一样。土壤改良剂成分主要有腐殖酸、丙烯酰胺、葡萄糖、木质素磺酸盐、硝基腐殖酸、丙烯酸、木质素、纤维素、有机硅橡胶、聚丙烯酰胺、聚环氧乙烷、淀粉、多糖羧酸类和尿素等^[18]。

1.2 土壤改良剂的种类

土壤改良剂种类繁多,分类方法并不单一,目前主要按原料来源进行分类,可将土壤改良剂大致分为4类,即天然改良剂、人工合成改良剂、天然-合成共聚物改良剂和生物改良剂,具体分类如图1^[19]所示。

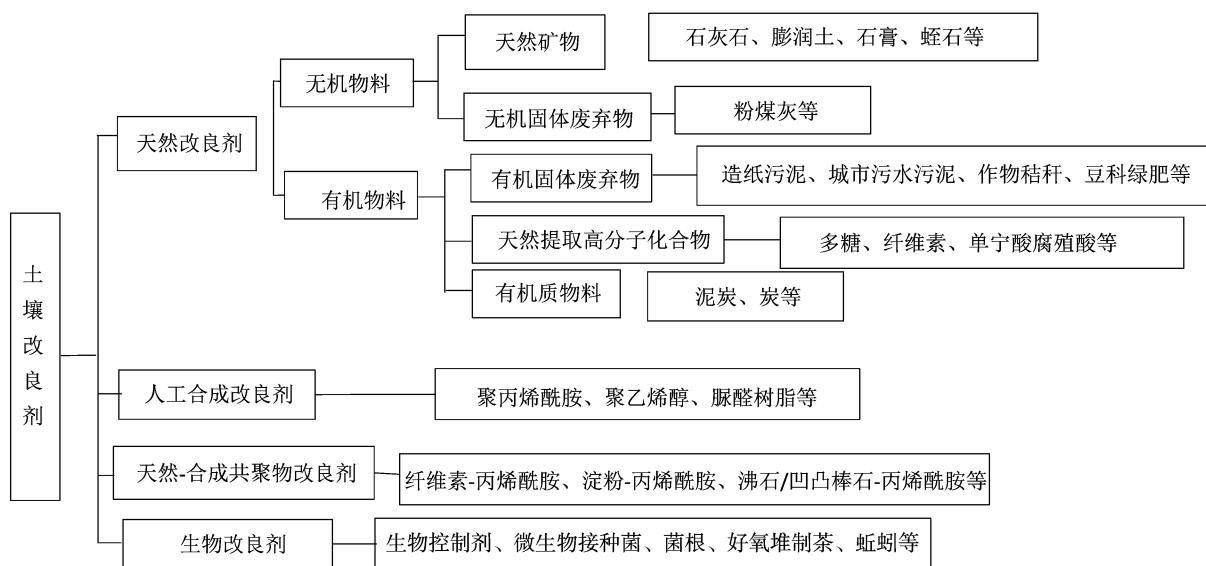


图1 土壤改良剂分类

天然改良剂主要是自然界固有存在的物料,大概可以概括为无机物料和有机物料两大类。无机物料主要是一些天然矿物和无机固体废弃物,天然矿物主要有石灰石、蛭石、石膏等,无机固体废弃物主要是粉煤灰等;有机物料主要包括有机固体废弃物、天然提取高分子化合物和有机质物料。其中有有机固体废弃物包括城市污水污泥、生活垃圾和作物秸秆等,天然提取高分子化合物主要是纤维素及木质素等,有机物料主要包括泥炭等^[20]物质。

人工合成改良剂是指在模拟天然改良剂的条件下,由人工合成的高分子有机聚合物。目前人工合成改良剂主要有聚丙烯酰胺、聚乙烯醇和聚乙烯醇树脂等。在人工合成改良剂的诸多种类中,聚丙烯酰胺颇受研究者们的青睐,也是研究者们最为关注的人工合成改良剂^[21]。

目前,天然-合成共聚物改良剂主要包括腐殖酸-聚丙烯酰胺、淀粉-丙烯酰胺、淀粉-丙烯、淀粉-丙烯腈以及磺化木质素-乙酸乙烯等^[22]。

目前研究的生物改良剂主要包括一些商用的生物控制剂、菌根和蚯蚓等。菌根是用于研究生物改良剂最多的品种之一,其中丛枝菌根(AM)是主要研究对象^[23]。

2 土壤改良剂的作用机制

土壤的特性包括物理性质、化学性质和生物性质。物理性质包括土壤团聚体组成、土壤含水量和土壤温度等;化学性质有土壤溶液浓度、土壤氢离子浓度和土壤 pH 值等;生物性质有土壤酶活性和土壤微生物量等^[24]。土壤改良剂类型不同,其作用机制也不一样。总体来说,各种土壤改良剂均通过

有效改善土壤物理性质,如降低土壤容重、增加土壤含水量等,来改变土壤化学性质^[25-26]、加强土壤微生物活动、提高酶活性、增加土壤微量元素含量,最终达到提高土壤肥力的效果^[27]。肖占文等研究发现,施用多功能土壤改良剂,能有效地改善棕漠土的理化性质和生物学性质,提高作物产量^[28]。贾有余等研究了土壤改良剂对燕麦农田的改土效果,结果表明,施用羊粪的土壤,其有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量均最高,不同处理对土壤紧实度的影响差异明显,与对照组相比,施用改良剂可以有效降低土壤紧实度;各处理间燕麦叶面积、干物质积累量也表现出显著性差异^[29]。土壤改良剂能够改善土壤性状,提高作物产量^[30]。

3 土壤改良剂对土壤性状的影响

3.1 土壤改良剂对土壤物理性状的影响

3.1.1 土壤水分 盐碱化土壤的特点是盐分多、水分少,因此,增加田间持水量可以有效改善土壤的性状^[31-32]。聚丙烯酰胺土壤改良剂含有亲水基团,亲水基团可以吸收足够的水分,从而保证土壤的含水量^[33]。在降水和灌溉水的条件下,土壤可以吸收这些水分来满足自身的需求,并且在土壤中形成一个微型水库,以备后续需要^[34]。土壤所储备的这些水分会随着作物的生长不同程度地被作物释放出来,被释放的水分会在一定程度上缓解土壤干旱缺水的状况^[35]。国内外大量文献记载表明,在干旱缺水的条件下,土壤改良剂能够有效提高土壤水分含量,缓解作物高盐分缺水的状况^[36]。为研究土壤改良剂对土壤水分的影响,王晓娟等采用盆栽的方式对施加土壤改良剂后的盆栽土壤进行分析,结果表明,施用土壤改良剂后,作物的耗水量出现明显的降低趋势,说明该土壤改良剂可以显著提高作物的水分利用效率^[37]。

3.1.2 土壤团聚体 土壤团粒结构不仅可以直接反映土壤中不同粒径团聚体的组成,而且可以对土壤的理化性质产生直接的影响^[38-40]。它不仅对土壤肥力有重要的作用,而且对土壤侵蚀程度、水分入渗和养分循环有重要的作用^[41]。喜银巧等研究发现,改良处理的风沙土内聚力均显著大于对照,随土壤改良剂添加量的增加,土壤内聚力增大,且拟合效果较好,但内摩擦角变化不明显^[42]。合理的土壤管理措施能有效地促进土壤中水稳性团聚体的形成,为作物生长提供良好的环境^[43]。土壤改良

剂由于其吸水和亲水的特性,能吸附一部分较小的团聚体,形成较大的团粒结构,有效增加土壤中水稳性团聚体含量,对水分和养分有一定的固持作用^[44]。

3.1.3 土壤容重 土壤容重与水、肥、气和热等因素的变化密切相关,是土壤紧实程度和肥力水平的重要衡量指标^[45]。土壤水分的变化将直接或间接地影响土壤容重的大小^[46]。土壤改良剂通过改善土壤的水分情况,改善土壤的结构,增加土壤的孔隙度,降低土壤容重^[47]。Han 等研究的秸秆型土壤改良剂能使土壤容重降低至 0.12 g/cm^3 ^[48]。

3.2 土壤改良剂对土壤化学性状的影响

3.2.1 土壤改良剂对 pH 值的影响 土壤化学性质是反映土壤肥力状况的重要指标,是作物生长的基础,土壤肥力状况直接决定着土壤和作物的生产力,直接影响着农业的可持续发展^[49]。文星等研究发现,土壤改良剂在短期内影响土壤 pH 值,但在土培和盆栽条件下产生的效果不同^[50]。土壤改良剂在吸收和保持水分的同时,也吸收了一定含量的养分,可促进土壤形成稳定结构,增加土壤对养分的固持能力。家禽粪肥可以改善土壤 pH 值并供应一定含量的磷酸^[51]。

3.2.2 土壤改良剂对有机质含量的影响 土壤有机质是土壤固相部分的重要组成部分,能够改善土壤的物理性质,具有提高土壤保肥性和缓冲性的作用。陈琼贤等研究表明,合理施用土壤改良剂能有效增加土壤中有机质、全量养分、速效养分含量^[52]。许晓平等在土壤改良剂培肥增产效应的研究中发现,施加秸秆配方和废料配方改良剂的土壤有机质含量平均增加 22.34% 和 23.34%,施入土壤改良剂后,土壤有机质含量相对较高,并且受化肥施用量的影响不大^[53]。

3.2.3 土壤改良剂对土壤养分的影响 土壤改良剂所具有的吸附特性,降低了肥料对地下水的污染和水体的富营养化作用,使得自然环境的压力也得到一定程度的缓解^[54]。魏淑贞等研究了不同脱硫石膏用量与腐殖酸用量对盐碱土的改良效果,结果表明,腐殖酸施用量越多,淋溶液中 NaCl、全盐含量越少,而 Na^+ 、 CaSO_4 含量越多^[55]。郑亚楠等探讨聚丙烯酸盐类土壤改良剂单施和复配作用下的土壤理化性状及烤烟根系生长变化,结果表明,施用土壤改良剂后,土壤中的速效养分含量明显上升^[56]。

3.3 土壤改良剂对土壤生物性状的影响

3.3.1 土壤酶活性 在土壤酶促反应中,土壤酶是非常重要的成分之一,它容易受到外界环境影响,比如土壤的水分、温度、通气状况以及作物生长等因素,土壤管理措施稍有不当,就可以很大程度地导致土壤质量的改变,因此,土壤酶活性可以作为一个重要的生物活性指标^[57]。在土壤干旱缺水的条件下,土壤水分胁迫程度会相应提升,土壤酶活性会不同程度的下降,最终导致土壤养分含量降低^[58]。王佩雯等为探讨不同土壤改良剂对连作植烟土壤理化性质的影响,在施用不同改良剂后不同时间段内,对根际耕层土壤进行分析,结果表明,在施用蚯蚓粪和微生物菌肥的土壤中,土壤酶活性和主要养分元素含量均有不同程度的提高,土壤理化性质得到不同程度的改善^[59]。土壤类型的不同也会导致土壤理化性质不同,因此,即使是同一种土壤改良剂对不同类型土壤也会出现不一样的改良效果,对土壤酶活性的影响也会出现不同程度的差异^[60]。在施用土壤改良剂的土壤中,土壤自身的水分含量会有明显的提高,土壤水分胁迫程度也会不同程度的降低,而且可促进作物根系生长,提高作物的产量^[61]。但是也有部分学者认为,施用土壤改良剂虽然可以提高某些土壤中酶活性,如磷酸酶、蔗糖酶和蛋白酶等,但也会抑制另外一些酶活性,比如脲酶和过氧化氢酶^[62]。

3.3.2 土壤微生物 土壤微生物的活跃程度可以反映出土壤肥力状况,它是衡量土壤生态系统功能的重要指标之一^[63-65]。为研究微生物土壤改良剂对风沙土的改良效果,刘立军通过试验比对了微生物土壤改良剂和传统有机肥料对土壤的改良效果,结果表明,在施用微生物改良剂的土壤中,土壤保肥能力明显高于采用传统有机肥改良的土壤,表明微生物改良剂对风沙土有明显的改善作用^[66]。土壤微生物量在某种程度上可以反映出土壤中养分元素的循环程度和储量,因此土壤微生物量被作为土壤微生物总量的衡量指标之一^[67-69]。在干旱缺水的条件下,由于水分扩散,土壤微生物的数量和活跃程度也会出现不同程度的降低^[70]。土壤改良剂的种类多种多样,功能不一,但是总体来说,绝大多数土壤改良剂能够有效地提高土壤中养分元素的含量,提升土壤水分含量和利用率,并且还能够增加土壤微生物的数量,促进微生物活动更加活跃化^[71]。然而,也有部分研究得出了不同的结果,

在施用某种土壤改良剂的土壤中,经分析测定发现,相比于没有施加土壤改良剂的土壤,土壤微生物的数量反而出现不同程度的降低,可能是由于在施用土壤改良剂的土壤中,生成了某种不利于微生物生长的成分或者是形成了某种不利于微生物生存的环境,从而抑制了土壤微生物的活动并使微生物的数量降低^[72]。在土壤改良剂对微生物的影响方面,不同研究还存在有不同的结果,因此,土壤改良剂与微生物的关系还有待进一步探究,以便探明其最终的影响机制。

4 土壤改良剂对作物生长和产量的影响

4.1 土壤改良剂对作物生长的影响

土壤改良剂能够有效地改善土壤的理化性质,从而影响作物的生长和发育。王志玉等研究发现,施用土壤改良剂 MDM 的小区出苗率为 95%,对照组出苗率是 87.5%,而且在一定的范围内,出苗率和改良剂的施用量呈现一定的正相关关系,从而可以得出,土壤改良剂能够改善土壤结构,增加作物出苗率^[73]。唐泽军等研究了土壤改良剂 PAM 对玉米的影响,结果发现,施用土壤改良剂 PAM 后,作物高秆(高于 1.60 m)和中秆(1.00 ~ 1.60 m)比例明显高于对照组^[74]。施加土壤改良剂后,与对照组相比,作物平均株高和平均单株分蘖数明显增加^[73]。

4.2 土壤改良剂对作物产量的影响

作物产量是土壤各理化指标的综合体现。陈琼贤等以龙眼为研究对象,连续 3 年定点试验结果表明,对龙眼果园施用土壤改良剂有极显著的增产效果,增产量可达 0.11 ~ 2.96 kg/株^[75]。王峰等研究了秸秆型改良剂对马铃薯的增产效应,结果发现,秸秆型土壤改良剂能有效改善马铃薯的农艺性状,增产 7 335.9 kg/hm²,增幅达 24.4%^[76]。王丹等以新疆玛纳斯河流域石河子绿洲盐碱地为研究对象,研究滴灌条件下脱硫石膏与不同量有机物料配施对盐碱土壤的改良效果及对作物产量的影响,结果表明,棉花籽棉产量较对照增加 5.77% ~ 17.96%^[77]。

5 存在问题及发展趋势

单一施用土壤改良剂并不能有效地改善土壤质地和结构,将土壤改良剂同有机肥等肥料配合使用,可以显著改善土壤的理化性质,增加土壤有机质含量,提高土壤中微生物的数量,达到更好的改

善效果。土壤改良剂与有机肥等其他物料配合使用,虽然可以提高作物的产量,但是土壤改良剂与有机肥等其他物料的配用比例、施用技术、施用方法和相互作用原理尚不明确;关于长期施用这种复合改良剂的降解性能和过程还缺乏系统和深入的研究。

相比于固态改良剂,水溶性土壤改良剂应用面更加广泛,主要是由于一旦固态土壤改良剂吸水膨胀后无法溶解,便不能进入土壤溶液,那么改良剂就无法发挥作用,而水溶性土壤改良剂可以解决固态土壤改良剂在吸水膨胀后,很难溶解的问题。因此,市面上使用的水溶性土壤结构改良剂远多于固态改良剂。在施撒水溶性结构改良剂的过程中多采用喷施和灌施的技术,而这些技术在干旱土壤或者沙漠中并不容易实施,会受到水分条件的极大限制,在改善沙漠化土壤或者荒漠化土地的研究方面,还应探索和研究新的高效的使用技术。

秸秆焚烧是一个全球性话题,秸秆的焚烧不仅可以引发一系列的环境问题,而且秸秆焚烧后产生的烟雾颗粒还可以引起人类健康问题。作物秸秆是土壤改良剂的一种物料,秸秆经过处理后施用可以直接增加土壤的有机碳含量,改善土壤理化性状,从而提高作物产量。作物秸秆是一种特殊的可再生资源,可充分有效地利用秸秆来提高其在农业生产中的作用,使还田后的利益最大化,秸秆型复合土壤改良剂是当今土壤改良研究中的重要内容之一。

参考文献:

- [1]周 岩,武继承. 土壤改良剂的研究现状、问题与展望[J]. 河南农业科学,2010(8):152-155.
- [2] Vestberg M, Sari K, Kukkonen S, et al. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil[J]. Mycorrhiza,2005,15(6):447-458.
- [3]张黎明,邓万刚. 土壤改良剂的研究与应用现状[J]. 华南热带农业大学学报,2005,11(2):32-34.
- [4]武继承. 营养型抗旱保水剂研制及增产效应研究[J]. 中国农村科技,2006(7):59-61.
- [5]解开治,徐培智,严 超,等. 不同土壤改良剂对南方酸性土壤的改良效果研究[J]. 中国农学通报,2009,25(20):160-165.
- [6]李 杨. 保水剂与肥料及土壤的互作机理研究[D]. 北京:北京林业大学,2012:30-35.
- [7]谢修银,宛 方,张 艳,等. 保水剂的研发现状与展望[J]. 化学与生物工程,2013,30(4):8-13.
- [8]赵秀芳,宋国香,谢志远,等. 我国盐碱土修复现状与特点[J].

- 环境卫生工程,2017,25(4):96-99.
- [9]王解新,陈建定. 高吸水性树脂研究进展[J]. 功能高分子学报,1999,19(2):93-99.
- [10]陈学任. 保水剂在农村水利领域开发和应用的探索[J]. 中国农村水利水电,2000,24(6):19-24.
- [11]陈影影,符跃塞,张振克,等. 中国滨海盐碱土治理相关专利技术评述[J]. 中国农学通报,2014,30(11):279-295.
- [12]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2005,189-203.
- [13]张晓海,邵 丽,张晓琳. 秸秆及土壤改良剂对植烟土壤微生物的影响[J]. 西南农业大学学报,2002,4(2):169-172.
- [14]王仁山,张春华,徐艳玲,等. “阔立”牌酸性土壤改良剂在玉米生产中的使用效果初报[J]. 磷肥与复肥,2009,24(3):54-60.
- [15]黄占斌,夏春良. 农用保水剂作用原理研究与发展趋势分析[J]. 水土保持研究,2005,10(5):104-106.
- [16]徐 爽,王益权. 不同类型土壤团聚体化学稳定性分析[J]. 农业机械学报,2014,45(4):173-178.
- [17] Takeda, Glenn D M, Thomas. Soil amendment with hydrophobic kaolin particles reduce weeds[J]. Hortscience,2003,38(5):659.
- [18]Ghodrati M. Enhancing the benefits of fly ash as a soil amendment by pre-leaching[J]. Fuel & Energy Abstracts,1995,36(4):244-252.
- [19]陈义群,董元华. 土壤改良剂的研究与应用进展[J]. 生态环境,2008,17(3):1282-1289.
- [20]邵玉翠,张余良. 天然矿物改良剂在微咸水灌溉土壤中应用效果的研究[J]. 水土保持学报,2005,19(4):100-103.
- [21]巫东堂,王久志. 土壤结构改良剂及其应用[J]. 土壤通报,1990,21(3):21-23.
- [22]吴淑芳,吴普特,冯 浩. 高分子聚合物对土壤物理性质的影响研究[J]. 水土保持通报,2003,23(1):42-45.
- [23]梁文举,闻大中. 土壤生物及其对土壤生态学发展的影响[J]. 应用生态学报,2001,12(1):137-140.
- [24]高永恒. 土壤改良剂对多年生黑麦草生长特性和土壤理化性质的影响研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2004:65-68.
- [25]Mamata Mishra, Rajani K, Rabindra N, et al. Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production[J]. Nutrition Cycling Agroecosystem,2008(82):S1-60.
- [26]陈之群,孙治强,张慧梅. 土壤调理剂对辣椒田土壤理化性质的影响[J]. 河南农业科学,2005(7):84-85.
- [27]曾觉廷,陈 萌. 三种土壤改良剂对紫色土结构空隙状况影响的研究[J]. 土壤通报,1993,24(6):250-252.
- [28]肖占文,肖哲元,师伟杰,等. 多功能土壤改良剂对河西内陆灌区棕漠土的改良效果[J]. 水土保持通报,2018,38(1):63-66.
- [29]贾有余,任永峰,高 宇,等. 内蒙古阴山北麓区不同土壤改良剂施用效果研究[J]. 作物杂志,2017(2):130-134.
- [30]杨海儒,宫伟光. 不同土壤改良剂对松嫩平原盐碱土理化性质的影印[J]. 安徽农业科学,2008,36(20):8715-8716.
- [31]Huettermann A, Oriquiriza L J B, Agaba H. Application of

- superabsorbent polymers for improving the ecological chemistry of degraded or polluted lands[J]. *Clean – Soil, Air, Water*, 2009, 37(7): 517–526.
- [32] 牛文全, 郭超. 根际土壤通透性对玉米水分和养分吸收的影响[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(11): 2785–2791.
- [33] 张莹莹, 刘灿强, 等. 聚乙二醇/聚丙烯酰胺相变材料的制备及性质研究[J]. *化工新型材料*, 2006, 34(1): 45–47.
- [34] Choudhary M, Shaiaby A A, Ai – Omran A M. Water holding capacity and evaporation of calcareous soils as affected by four synthetic polymers[J]. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1995, 26(13/14): 2205–2215.
- [35] Huttermann A, Zommodi M, Reise K. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought[J]. *Soil and Tillage Research*, 1999, 50(3): 295–304.
- [36] 杨俊春, 欧广明. 土壤改良剂对土壤的改良和水稻增产作用[J]. *农技服务*, 2013, 30(6): 599–600.
- [37] 陈琼贤, 彭志平. 施用营养型土壤改良剂对水稻产量和土壤肥力的效应[J]. *土壤与环境*, 2002, 11(4): 373–375.
- [38] Tang J, Mo Y H, Zhang J Y, et al. Influence of biological aggregating agents associated with microbial population on soil aggregate stability[J]. *Applied Soil Ecology*, 2011, 47(3): 153–159.
- [39] 卫志东. 重视土壤调理剂的应用[J]. *监督与选择*, 1996(11): 33–36.
- [40] 闫童, 刘士亮, 于永梅, 等. 土壤改良剂在蔬菜上的研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(9): 3846–3847.
- [41] Six J, Bossuyt H, Degryze S, et al. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics[J]. *Soil and Tillage Research*, 2004, 79(1): 7–31.
- [42] 喜银巧, 赵英, 李生字. 三种土壤改良剂对风沙土抗剪强度的影响[J]. *土壤学报*, 2018, 55(6): 8–15.
- [43] Six J, Paustian, K, Elliott, et al. Soil structure and organic matter I. Distribution of aggregate – size classes and aggregate – associated carbon[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2000, 64(2): 681–689.
- [44] Elliott E T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1986, 50(3): 627–633.
- [45] Dam R F, Mehdi B B, Burgess M S E, et al. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada[J]. *Soil and Tillage Research*, 2005, 84(1): 41–53.
- [46] Brandsma R T. 土壤结构改良剂对土壤结构和土壤侵蚀的影响[J]. *水土保持科技情报*, 2001(2): 14–17.
- [47] 邢世和, 熊得中, 周碧青. 不同土壤改良剂对土壤生化性质与烤烟产量的影响[J]. *土壤通报*, 2005(1): 72–75.
- [48] Han Y G, Yang P L, Luo Y P, et al. Porosity change model for watered super absorbent polymer – treated soil[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2010, 61(6): 1197–1205.
- [49] Daniel S, Alfred F, Kun X, et al. Resource amendments influence density and competitive phenotypes of streptomyces in soil[J]. *Microbial Ecology*, 2009, 57(3): 413–420.
- [50] 文星, 李明德, 吴海勇等. 土壤改良剂对酸性水稻土 pH 值、交换性钙镁及有效磷的影响[J]. *农业现代化研究*, 2014, 35(5): 618–623.
- [51] Kameyama K, Iwata Y, Miyamoto T. Biochemical amendment of soils according to their physicochemical properties[J]. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 2017, 51(2): 117–127.
- [52] 陈琼贤, 彭志平. 施用营养型土壤改良剂对水稻产量和土壤肥力的效应[J]. *土壤与环境*, 2002, 11(4): 373–375.
- [53] 许晓平, 汪有科, 冯浩, 等. 土壤改良剂改土培肥增产效应研究综述[J]. *中国农学通报*, 2007, 23(9): 331–334.
- [54] 杨雪芹, 胡田田, 三旭东, 等. 聚丙烯酰胺对磷素在土壤中吸附 – 解吸的影响[J]. *水土保持学报*, 2006, 20(1): 87–90.
- [55] 魏淑贞, 张伟华, 岳殷萍. 脱硫石膏对盐碱土改良效果研究[J]. *北方农业学报*, 2017, 45(2): 58–62.
- [56] 郑亚楠, 赵铭钦, 贺凡, 等. 聚丙烯酸盐类改良剂对土壤理化性状及烤烟根系生长的影响[J]. *中国烟草科学*, 2017, 38(2): 107–109.
- [57] Bandick A K, Dick, R P. Field management effects on soil enzyme activities[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, 31(11): 1471–1479.
- [58] 孙启祥, 张建锋, Makeshin F. 不同土地利用方式土壤化学性状与酶学指标分析[J]. *水土保持学报*, 2006, 20(4): 98–101.
- [59] 王佩雯, 朱金峰, 任志广, 等. 不同土壤改良剂处理下连作植烟土壤化学性质及土壤酶活性的耦合分析[J]. *中国农业科技导报*, 2017, 19(4): 82–91.
- [60] Geisseler D, Horwath W R, Scow K M. Soil moisture and plant residue addition interact in their effect on extracellular enzyme activity[J]. *Pedobiologia*, 2011, 54(2): 71–78.
- [61] 齐琳, 王飞. 2 种土壤改良剂对土壤性状和小麦产量的影响[J]. *浙江农业科学*, 2013, 26(9): 1075–1076.
- [62] 黄庆禄, 李明德, 常锋, 等. 土壤生态改良增效剂对土壤改良效果及对辣椒产质的影响[J]. *湖南农业科学*, 2006, 59(5): 64–66.
- [63] Horton T R, Bruns T D. The molecular revolution in ectomycorrhizal ecology, peeking into the black – box[J]. *Molecular Ecology*, 2001, 10(8): 1855–1871.
- [64] 赵记军, 徐培智, 解开治, 等. 土壤改良剂研究现状及其在南方旱坡地的应用前景[J]. *广东农业科学*, 2007(10): 38–41.
- [65] 吴海勇, 李明德, 刘琼峰, 等. 不同土壤改良剂在红壤旱地上的应用效果[J]. *湖南农业科学*, 2010(11): 45–47, 50.
- [66] 刘立军. 微生物土壤改良剂对东北地区风沙土改良效果研究[J]. *吉林水利*, 2017, 18(4): 37–40.
- [67] 汪瑞清, 肖运萍, 魏林根, 等. 土壤改良剂对红壤性低产地的应用效果比较研究[J]. *江西农业学报*, 2011, 23(3): 75–77.
- [68] Skopp J, Jawson M D, Doran J W. Steady – state aerobic microbial activity as a function of soil water content[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1990, 54(6): 1619–1625.
- [69] Hahn A S, Quideau S A. Long – term effects of organic amendments on the recovery of plant and soil microbial communities following disturbance in the Canadian boreal forest[J]. *Plant and Soil*, 2013,

陶志影,张林,刘凯,等. 农业废弃物有机肥发酵工艺研究现状与展望[J]. 江苏农业科学,2020,48(10):69-72.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.10.012

农业废弃物有机肥发酵工艺研究现状与展望

陶志影¹,张林¹,刘凯¹,何金成^{1,2}

(1. 福建农林大学机电工程学院,福建福州 350002;2. 现代农业装备福建省高校工程研究中心,福建福州 350002)

摘要:农业生产后残留了大量的的废弃物,利用农业废弃物发酵有机肥的工艺技术十分重要。笔者主要介绍农业废弃物发酵有机肥的工艺,简述了有机肥发酵的分类方式、一般发酵工艺方法和有机肥发酵的基本原理,明确了有机肥发酵对农业废弃物处理的重要性,分析了国内外有机肥发酵研究的发展现状和国内有机肥发酵存在的问题,提出了农业废弃物发酵有机肥的发展趋势,以期今后农业废弃物发酵制备有机肥提供研究基础。

关键词:农业废弃物;有机肥;发酵工艺;研究现状;展望

中图分类号:S188⁺.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)10-0069-04

农业废弃物是指在农业生产中所丢弃的剩余物,数量大,种类多^[1],主要是畜禽粪便和农作物秸秆等^[2~3]。农业废弃物中含有大量的有机质,尤其是农作物秸秆和畜禽粪便中有机质含量非常高,蛋白质、纤维素等含量丰富^[4~5]。据统计,我国每年的农业废弃物中含有粪尿类 40 亿 t^[6],农作物秸秆 8.3 亿 t^[7],城市生活垃圾 2 亿 t^[8]。但巨大的农业废弃物总量没有得到充分有效的利用,给空气、土壤、水质等造成了严重的污染^[9],超出了环境的承载能力,造成资源浪费,生态恶化^[10~12]。随着现代农业的发展,化肥使用的普及,对土壤肥力影响显

著,土壤肥力下降明显^[13],严重影响了农作物的产量,使化肥的需求量日益增大,提高了农业生产成本,形成了恶性循环,严重影响我国农业向绿色、生态、有机农业的发展。而将农业生产中的秸秆和畜禽粪便进行有机肥发酵,可得到最大化的经济效益和生态效益^[14],实现废弃资源的循环利用^[15~16]。农业废弃物发酵堆肥很好地解决了这个问题,将农业秸秆锯末与畜禽粪便结合起来进行发酵堆肥,生产出的有机肥既降低了化肥的使用,保护土壤不被污染,增加了土壤中的营养元素和有机质含量^[17],也解决了农业废弃物处理问题,符合绿色农业发展的理念。

收稿日期:2019-04-28

基金项目:福建省星火计划项目(编号 S20180011);农业农村部设施农业工程重点实验室开放课题(编号:SE201805);福建省高峰高原学科项目(编号:712018014)。

作者简介:陶志影(1996—),男,江西南昌人,硕士研究生,主要从事畜禽粪污发酵试验研究。E-mail:tao_zhiying@163.com。

通信作者:何金成,博士,副教授,主要从事农业废弃物处理及资源化利用装备研究。E-mail:bighjc@163.com。

363(1/2):331-344.

[70] Haseeb M T, Hussain M A, Yuk S H, et al. Polysaccharides based superabsorbent hydrogel from Linseed: dynamic swelling, stimuli responsive on-off switching and drug release[J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 136(103):750-756.

[71] 张翼夫,李问盈,胡红,等. 盐碱地改良研究现状及展望[J]. 江苏农业科学,2017,45(18):7-10.

[72] 舒秀丽,赵柳,孙学振,等. 不同土壤改良剂处理对连作西洋参根际微生物数量、土壤酶活性及产量的影响[J]. 中国生态农业学报,2011,19(6):1289-1294.

[73] 王志玉,刘作新. 土壤改良剂 MDM 对草甸碱土和水稻生长的

1 有机肥发酵分类及原理

1.1 有机肥发酵原理方法

有机肥发酵按需氧情况可分为好氧发酵与厌氧发酵。其中,有机肥无氧发酵是指厌氧性微生物在密闭的、没有游离氧气的缺氧环境下,进行频繁

影响[J]. 干旱地区农业研究,2004(2):31-34.

[74] 唐泽军,雷廷武,赵小勇,等. PAM 改善黄土水土环境及对玉米生长影响的田间试验研究[J]. 农业工程学报,2006,22(4):216-219.

[75] 陈琼贤,郭和蓉,彭志平,等. 土壤改良剂对龙眼的增产效应[J]. 果树学报,2004,21(2):185-187.

[76] 王峰,郭琪玖. 秸秆型土壤改良剂对马铃薯增产效应的研究[J]. 湖北农业科学,2015(18):75-78.

[77] 王丹,黄超,李小东,等. 脱硫石膏配施不同量有机物料对盐碱土壤改良效果及作物产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2019,37(1):31-34.