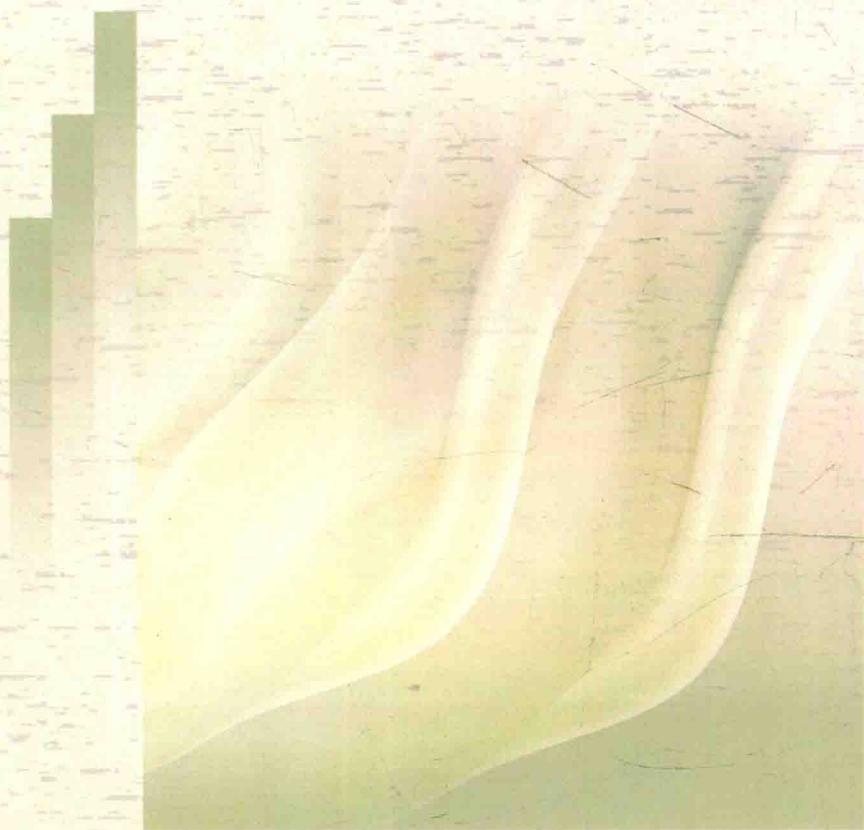


逆境土壤的 生态修复技术

张俊英 许永利 刘小艳 著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

逆境土壤的生态修复技术

张俊英 许永利 刘小艳 著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书共分五章,内容包括逆境土壤的修复技术,如蚯蚓粪、有机肥、生防菌、丛枝菌根真菌以及植物-微生物联合修复等技术。本书可供农学、环境科学、生态学的科研和技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

逆境土壤的生态修复技术 / 张俊英,许永利,刘小艳著. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2017.6
ISBN 978-7-5124-2443-2

I. ①逆… II. ①张… ②许… ③刘… III. ①土壤退化-修复 IV. ①S151

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 133392 号

版权所有,侵权必究。

逆境土壤的生态修复技术

张俊英 许永利 刘小艳 著

责任编辑 张艳学

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京建宏印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:9.5 字数:202 千字

2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5124-2443-2 定价:35.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

土壤逆境主要因为连续种植同种作物多年,尤其是设施蔬菜连作导致土壤盐渍化、土壤酸化、土传病虫害增加,因此急需对这种逆境土壤进行改良。从生态学角度对逆境土壤进行改良,不仅可以有效改善土壤环境,而且能够实现农业生产的可持续发展。在唐山市科技局的支持下,进行了设施蔬菜连作障碍因子分析及改良措施研究(07160216B)、有机肥对温室黄瓜的根际调控技术(11150203A-6)及唐山市科技成果转化项目(13G03-3)的研究,取得了阶段性进展,为本书的出版奠定了坚实的基础。

本书内容包括了逆境土壤的修复技术,如蚯蚓粪、有机肥、生防菌、丛枝菌根真菌以及植物-微生物联合修复等技术。全书共分五章,第一章至第三章由张俊英(华北理工大学)编写,第四章由许永利(华北理工大学)编写,第五章由许永利(华北理工大学)和刘小艳(迁安市农业局)编写。全书由张俊英审核定稿。由于著者水平有限,不妥之处,敬请批评指正。

张俊英

2017年5月

目 录

第一章 逆境土壤的障碍机理与改良方法

第一节 土壤逆境的现状	3
第二节 蚯蚓粪性状分析	5
一、蚯蚓粪性质	5
二、蚯蚓粪的作用	5
三、蚯蚓粪的研究进展	6
第三节 有机肥的研究进展	7
一、有机肥的基本概况	7
二、有机肥的类型	7
三、有机肥的作用	8
第四节 生防菌的应用及研究进展	10
一、生防菌的定义及特点	10
二、生防菌的种类	11
三、生防菌开发利用	11
四、生防菌对土壤微生物群落的影响	13

第二章 蚯蚓粪在逆境土壤中的应用研究

第一节 蚯蚓粪作为西瓜育苗基质的研究	18
一、研究方案	18
二、西瓜生长情况	19
三、基质的理化性质测定	26

四、小结	28
第二节 蚯蚓粪作为黄瓜育苗基质的研究	29
一、出苗率变化	29
二、真叶数变化	30
三、根长	33
四、叶面积	34
五、壮苗指数测量与分析	34
六、根系活性数据与分析	35
七、根坨崩坏率	35
八、土壤理化性质测定	36
第三节 蚯蚓粪作为番茄育苗基质研究	39
一、出苗率的测定结果与分析	39
二、土壤理化性质测定	48
第四节 蚯蚓粪中生防菌的筛选研究	50
一、材料与amp;方法	50
二、对峙培养试验	51
三、复筛试验结果与分析	54
四、抑菌谱试验结果	56
五、细菌鉴定结果	58
第五节 蚯蚓粪对连作土壤中番茄幼苗生长的影响	60
一、蚯蚓粪对连作土壤的形成、测定和统计	60
二、番茄生长性状分析	61
第六节 蚯蚓粪对连作土壤中黄瓜幼苗生长的影响	64
一、蚯蚓粪土壤的形成、测定和统计	64
二、蚯蚓粪对黄瓜幼苗叶片和株高的影响	66
第七节 牛粪蚯蚓粪对土壤的调控研究	69
一、材料与amp;方法	69

二、 黄瓜的生长情况·····	69
三、 土壤中原生动物的测定·····	72
第三章 有机肥的应用对逆境土壤的改良效果	
第一节 研究方案与方法 ·····	79
一、 供试材料·····	79
二、 有机肥对温室连作土壤根际的改良研究·····	79
三、 测定项目·····	79
第二节 猪粪有机肥对逆境土壤的改良效果 ·····	79
一、 植株生长性状的变化·····	79
二、 土壤中原生动物的变化·····	81
三、 土壤中微生物的变化·····	84
四、 土壤养分的变化·····	85
第三节 鸡粪堆肥对土壤的调控研究 ·····	88
一、 植株生长指标·····	88
二、 微生物量碳和微生物量氮·····	90
第四章 生防菌对温室黄瓜土壤的调控研究	
第一节 研究方案与方法 ·····	95
一、 丛枝菌根真菌对连作番茄和黄瓜生长的影响·····	95
二、 生防菌对黄瓜根际的调控研究·····	96
第二节 丛枝菌根真菌对连作土壤中番茄生长的影响 ·····	97
第三节 丛枝菌根真菌对连作土壤中黄瓜生长的影响 ·····	101
第四节 生防菌对黄瓜生长的影响 ·····	108
第五章 有机肥与哈茨木霉对逆境土壤的联合修复效果	
第一节 研究方案与方法 ·····	117

第一节 土壤逆境的表现

土壤逆境是指土壤物理、化学、生物等性质发生异常变化，在一定条件下影响作物生长发育，使作物减产或品质下降，以致危及作物生命或引起作物死亡，使作物生长受阻或死亡。土壤逆境的表现形式多种多样，如土壤盐渍化、土壤酸化、土壤碱化、土壤板结、土壤瘠薄、土壤污染、土壤重金属污染、土壤有机质缺乏、土壤微生物群落失调等。这些逆境因素往往相互交织，共同作用于作物，使作物生长受阻，产量下降，品质降低，甚至死亡。

第一章

逆境土壤的障碍

机理与改良方法

土壤逆境的表现形式多种多样，如土壤盐渍化、土壤酸化、土壤碱化、土壤板结、土壤瘠薄、土壤污染、土壤重金属污染、土壤有机质缺乏、土壤微生物群落失调等。这些逆境因素往往相互交织，共同作用于作物，使作物生长受阻，产量下降，品质降低，甚至死亡。

土壤逆境的表现形式多种多样，如土壤盐渍化、土壤酸化、土壤碱化、土壤板结、土壤瘠薄、土壤污染、土壤重金属污染、土壤有机质缺乏、土壤微生物群落失调等。这些逆境因素往往相互交织，共同作用于作物，使作物生长受阻，产量下降，品质降低，甚至死亡。

第一节 土壤逆境现状

在同一块田地上连续种植相同作物的种植方式称为重茬。在一定条件下重茬有以下好处:扩大种植适于当地气候、土壤的作物,以满足社会需要或获得较多利润;专业化程度高,生产者较易掌握其高产栽培技术,也便于机械化作业。但连作常会引起生育停滞、矮化、根腐甚至死亡。连作障碍的主要原因是土壤中微生物区系异常和养分平衡失调,表现为病原微生物数量大幅增加,有益微生物数量下降,土壤原有的微生物生态系统遭到破坏。

1. 土壤有害微生物增加,土传病虫害加重

连作栽培条件下,作物根系分泌物和植株残茬腐解物给病原菌提供了丰富的营养和寄主,长期适宜的温湿环境使病原菌具有良好的繁殖条件,从而使病原菌数量不断增加。同时,设施栽培条件使得病虫害多发,因而大量施用农药导致作物生长环境的破坏,这对土壤中的微生物种群乃至土壤中的固氮菌、根瘤菌和有机质分解菌等有益微生物产生不利的影响。另外,设施栽培中化肥的过多施用也导致土壤中病原拮抗菌的减少,从而助长土壤病原菌的繁殖,加重土传病虫害的发生。

2. 土壤中微生物变化

无论是设施栽培还是露地栽培,土壤中的微生物种类均较繁多,但在一定条件下,常常只有少数类微生物在数量上占优势,且其对土壤中相应的生化活性起决定性作用。在各类微生物种群中一般以细菌最多,放线菌其次,真菌居第3位。据张历报道不同蔬菜有其独特的根际微生物群落,无论在数量上还是在种类上都各有特点,对黄瓜、大蒜等7种作物的根际微生物组成和变化进行分析比较,得出了蔬菜根际微生物的消长规律。同一块土地上连续种植一种作物,根系的分泌物、代谢物长期积累,就会引起微生物的变化,进而影响作物生长;同一块土地上种植不同的蔬菜,根际微生物就有很大差别,但由于设施栽培作物种类单一,形成了独特的环境,使硝化细菌、氨化细菌等有益微生物受到抑制,而对作物有害的微生物则大量发展。

3. 土壤理化性状恶化

(1) 土壤养分不均衡

设施蔬菜复种指数高,精耕细作,施肥量大。调查结果表明:温室土壤有机质含量是露地菜田的1~3倍,土壤全氮量是露地菜田的1~3倍,速效磷是露地菜田的5~10倍,碱解氮为露地菜田的2~3倍,但有效钾有降低的趋势。由于设施栽培主要以果菜为主,对钾的需求量最大;又由于施肥中普遍存在重氮磷肥、轻钾肥的现象,导致设施蔬菜发生缺钾症,使作物抗逆性差,病虫害时有发生。另外,菜农对钙及微肥认识不足,多数不施用钙肥和微肥,导致土壤大量元素偏高,而微量元素相对缺乏,造成养分不均衡,易出现生理障碍。

(2) 土壤次生盐渍化

土壤次生盐渍化是指土壤中可溶性盐类随水向表层运移而累积,含量超过0.2%的过程。造成土壤次生盐渍化的主要原因,一是盲目大量施肥,特别是氮肥。菜农在蔬菜生产过程中为了追求高产,大量施用化学肥料,尤其连年大量施用尿素和磷酸二铵,使土壤中硝态氮和速效磷含量严重超标,而且造成土壤次生盐渍化。二是缺少降雨淋洗。由于棚室长年覆盖或季节性覆盖,改变了自然状态下的水分平衡,土壤得不到雨水的充分淋洗,又因设施中特殊的由下到上的水分运动形式,致使盐分在土壤表层聚集,加之棚室土壤温度显著高于露地,土壤的风化作用明显加剧,土壤矿物分解的离子和人为施入的肥料结合起来而使土壤盐分浓度增加很快。土壤次生盐渍化现象在我国设施蔬菜中普遍发生,以连片大棚和温室最为明显,在很多地区已成为设施土壤可持续利用的主要障碍。

(3) 土壤物理性状不良

土壤的孔隙度和结构性、土壤水分和通透性等对农作物根系的生长和养分吸收有重要影响。设施土壤与露地土壤相比,土壤结构性随着种植年限的增加得到明显改善,水稳性团粒结构(0.25~2 mm)随着种植年限的增加而增加,土壤毛管孔隙发达,持水性好,这主要是因为多年培肥所致。但非活性孔隙比例相对降低,耕作层浅,土壤通气透水性差,物理性状不良。连作引起的盐类积累会使土壤板结,通透性变差,需氧微生物的活性下降,土壤熟化慢,同时翻耕深度不够,使土壤耕作层变浅,固定在一定的范围内,影响根系的伸展,造成植株生长发生障碍。

(4) 土壤酸化

引起设施栽培土壤酸化的原因:一是施用酸性和生理酸性肥料,如氯化钾、过磷酸钙、硝酸铵等;二是大量施用氮肥,土壤的缓冲能力和离子平衡能力遭到破坏而导致土壤pH下降,从而出现化学逆境。土壤pH值的变化将会影响到土壤养分的有效性。在石灰性土壤上,pH值的降低能够活化铁、锰、铜、锌等微量元素以及磷的有效性;但是在酸性土壤上,pH值的降低会加重H⁺、铝、锰的毒害作用,磷、钙、镁、锌、钼等元素也容易缺乏。

(5) 植物的自毒作用

自毒作用是指一些植物可通过地上部的淋溶、根系分泌物和植株残茬等途径来释放一些物质,使同茬或下茬同种或同科植物生长产生抑制现象,是一种发生在种内的生长抑制作用。连作条件下土壤生态环境对植物生长有很大的影响,尤其是植物残体与病原微生物的代谢产物对植物有致毒作用,并连同植物根系分泌物分泌的自毒物质一起影响植株代谢,最后导致自毒作用的发生。近来,喻景权先后证实了豌豆、番茄、黄瓜、西瓜和甜瓜植物根系分泌物和残茬所引起的自毒作用,并从中分离出以肉桂酸为代表的多种自毒物质,这些物质通过离子吸收、水分吸收、光合作用、蛋白质和DNA合成等多种途径来影响植物生长。同时,植物根系分泌物的组成成分及数量与土壤营养状况有关,营养不均衡(营养亏缺)不但直接导致作物连作障碍,而且也可通过改变根系分泌物种类和数量从而间接地影响植物生长。

第二节 蚯蚓粪性状分析

一、蚯蚓粪性质

与其他类型肥料相比,蚯蚓粪干净、卫生、无异味,呈颗粒状,吸水、保水、透气性能强。蚯蚓粪是一种优良的天然生物肥料,其污染小、成本低,作为蚯蚓养殖产业中的副产品,不仅能显著促进植物生长,还可以改善植物品质,是当今有机肥料发展的重要途径(许永利等,2007)。

蚯蚓粪富含蛋白质,不会发霉、腐烂、无臭味,用于城镇绿化、花木、蔬菜育苗栽培,既能改土配肥,又由于理化的吸附中和、生物的消息,除掉了臭味,因此较其他有机肥料干净卫生。

蚯蚓粪的性质主要有以下几方面:

1. 物理性质

蚯蚓粪是一种黑色、均一、自然泥土味的细碎类物质,其物理性质由原材料的性质及蚯蚓消化的程度决定,具有很好的孔性、通气性、排水性和高的持水量。蚯蚓粪因有很大的表面积,使得许多有益微生物得以生存,并具有良好的吸收和保持营养物质的能力,同时经过蚯蚓消化,有益于蚯蚓粪中水稳性团聚体的形成。

2. 化学性质

和原料相比,蚯蚓粪中可溶性盐的含量、阳离子交换性能和腐殖酸含量有明显增加,也就是有机质转化成了稳定的腐殖质类复合物。许多有机废弃物,尤其是畜禽粪便,一般呈碱性,而大多数植物喜好的生长介质偏酸性($\text{pH}6\sim6.5$)。在蚯蚓消化过程中,由于微生物新陈代谢过程中产生有机酸,使废弃物的 pH 值降低,趋于中性。蚯蚓粪中营养物质的含量随原材料的不同而有差异,但一般来说,植物生长所必须的一些营养元素及微量元素在蚯蚓粪中不仅都存在,而且含量高,是植物易于吸收的形式,如交换性 K 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 等。

3. 生物学性质

蚯蚓粪中富含细菌、放线菌和真菌。微生物的代谢作用可以改变土壤的各种理化性质,使土壤成分更加复杂多样,更有利于植物的吸收利用。这些微生物不仅使复杂物质矿化为植物易于吸收的有效物质,而且还合成一系列有生物活性的物质,如糖、氨基酸、维生素等。这些作用还会影响土壤的其他性质。

二、蚯蚓粪的作用

蚯蚓粪是集营养、防病、刺激生长于一体的多功能肥料,具有极强的生物活性,在生产中应用后表现良好。

1. 改良土壤

一般的有机肥都是通过增加土壤有机质含量来改良土壤的,蚯蚓粪除了向土壤提供有机质外,其自身就具有优良的团粒结构,所富含的微生物、生物活性物质和蚯蚓茧(可孵化出蚯蚓)等更能发挥改良土壤的作用。

2. 配制营养土

利用苗床或容器育苗时掺入 30% 的蚯蚓粪配制成的营养土疏松透气,保水性好,所含的微生物和植物激素可促进幼苗根系发育,有利于培育壮苗。

3. 减轻病虫害发生

蚯蚓粪中的有益微生物对土壤中的病原微生物有明显的抑制作用,可以减轻土传病害的发生。西瓜施用蚯蚓粪后,重茬栽培时,植物枯萎病的发病率大大降低。土壤中施入蚯蚓粪对气传病害也有一定的防治效果。对比试验显示,施用蚯蚓粪的番茄,晚疫病发生率明显降低,叶片增厚,叶色深绿,植株生长旺盛。此外,施用蚯蚓粪后,可减轻植物根际线虫的为害,减少刺吸式害虫的发生。研究表明,蚯蚓可增加土壤中食真菌线虫和食细菌线虫的数量,进而抑制植食性线虫的数量,减轻线虫对植物的为害。蔬菜、果树施用蚯蚓粪后,蚜虫、红蜘蛛等为害减轻,这是由于植物生理生化的某些变化使其汁液对刺吸式害虫不具有吸引力。

4. 改善农产品品质

苹果、西瓜、番茄等作物施用蚯蚓粪后,可明显改善产品品质,其改善作用比其他普通有机肥显著,这与蚯蚓粪的高生物活性有关。

5. 用作无土栽培基质

由于蚯蚓粪的 pH 值、EC 值、孔隙率、容重和保水性等性能指标十分适合作无土栽培基质,因此蚯蚓粪可作为基质进行蔬菜无土栽培和无土育苗。

三、 蚯蚓粪的研究进展

人们很早就意识到蚯蚓粪在作物生长中具有一定的作用,但一直缺乏确凿的科学依据,因此,这种认识在很大程度上只是一些合理的猜测。随着科学技术的进步和对蚯蚓研究的深入,人们发现蚯蚓粪并不仅仅是代谢废弃物,它还在促进作物生长、抑制病原菌活性和改善土壤肥力等方面具有重要作用。这些作用都是由蚯蚓粪中所含有的特殊生物和化学成分决定的。目前,国内外对蚯蚓粪作用的探索研究致力于分析蚯蚓粪中的各种生物和化学成分,并通过分析这些成分而阐明蚯蚓粪的作用。

对蚯蚓粪中生物成分的研究主要集中在其含有的微生物的种类和作用方面。微生物在养分转化中起着枢纽作用,是土壤有效养分的供应源和储存库。研究蚯蚓粪中微生物种类和数目的变化,对于揭示蚯蚓粪的生态作用有着重要意义。对蚯蚓粪中化学成分研究的资料非常有限,主要集中在蚯蚓粪对植物生长的促进作用方面。另外,对于蚯蚓粪中的生物和化学成分的研究是同时展开的,蚯蚓粪中含有的某些微

生物种类,能通过正常的生命活动吸收、固定外源化学元素,增加蚯蚓粪中氮、磷等元素的含量,提高蚯蚓粪的营养价值,而蚯蚓粪中本身所含有的某些化学物质,又会对在其中生活的微生物产生正向或负向的影响,研究两者的相互关系对于更好地利用蚯蚓粪为农业服务有着很好的指导意义。

目前各国广泛研究应用蚯蚓来防治公害,特别是利用蚯蚓处理废物已引起各国重视,如日本、美国、加拿大、法国等国已建立蚯蚓养殖场作为城市垃圾的处理补充系统,以解决城郊环境污染问题。

在国内对蚯蚓粪的大多数研究还停留在试验阶段,目前亟需进行田间试验示范,以验证其田间应用的效果。目前大多数国内蚯蚓粪研究都是其养分研究,尚志茂和张志刚在对蚯蚓粪作为主要有机基质研究得相对多一些。但是蚯蚓粪作为新型基质有其独特的优越性,无论从环境保护还是从生态食品或者是幼苗的生态指标上与传统基质相比都好。

第三节 有机肥的研究进展

施用有机肥料是数千年来中国传统农业发展的根本措施,尽管近期化肥用量不断增加,但在当今日益重视人类生存环境的情况下,有机肥料再度受到人们的关注。有机肥料依靠日变幅较小的土壤水热动态周期性变化,给微生物活动创造一个良好的环境,使它能够通过腐殖化阶段,形成保水保肥力强的腐殖质,从而提高土壤的肥力及作物产量和品质。

一、有机肥的基本概况

有机肥料是指含有有机物质,既能提供农作物多种无机养分和有机养分,又能培肥改良土壤的一类肥料,其中绝大部分为农家就地取材,自行积制的。有机肥料是农业中养分的再循环和再利用部分,因此,随着化肥施用量的增加和作物收获物的增多,有机肥料的数量也有所增加。虽然近年来由于化肥投入的大量增加,有机肥料投入的养分所占的比例显著降低,但仍占总养分总投入量的 36.7%,有机肥料除含有氮、磷、钾和有机碳养分外,还可提供相当数量的中量、微量元素和氨基酸、核酸、糖、维生素等有机营养成分。

二、有机肥的类型

有机肥料来源广泛,种类很多,一般可分以下几类:

一是粪尿肥,包括人粪尿、家畜粪尿、禽粪等。

二是堆沤肥类,包括堆肥、沤肥、秸秆还田及沼气发酵肥等,各种原料制成的堆肥都含有作物需要的氮、磷、钾和微量元素,有利于培肥土壤;秸秆占作物生物量的 50%左右,是一类数量极其丰富、能直接利用的有机肥资源。

三是饼肥类,包括大豆饼、花生饼、菜籽饼和茶籽饼等。

四是泥炭类,又称草炭,含有较多的腐殖酸,可用于制造腐殖酸铵、硝基腐殖酸铵、腐殖酸钠等腐植酸肥料。

五是泥土类,包括塘泥、湖泥、河泥、老墙土、坑土等。

六是城镇废弃物类,包括生活污水、工业污水、屠宰场废弃物、垃圾和各种有机废弃物等。

七是杂肥类,包括皮屑、蹄角、海肥、蚕粪等。

三、有机肥的作用

1. 有机肥对土壤肥力的作用

(1) 有机肥对土壤养分含量及有效性的影响

对氮的影响:土壤有机氮是土壤有机质的重要组分,施入有机肥料是保持和提高土壤有机氮和氮储量的有效措施。张继宏等研究了覆膜栽培条件下有机肥料对土壤氮素的影响,指出施用有机肥使土壤有机氮组分中酸水解氨态氮、酸解氨基糖态氮、酸解氨基酸态氮显著增加。周建斌等经研究指出,长期施用有机肥使耕层(0~20 cm)全氮含量提高了92.1%,下层土壤全氮增加更为明显。

对磷的影响:向春阳等对白浆土的长期定位试验表明,长期施用有机肥可以增加土壤Fe-P、Al-P、Ca-P及有机磷各组分的含量。这是由于有机肥料在分解过程中产生了有机酸以及腐殖质化过程中生成的酚基和羟基对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀的络合作用,使磷的闭蓄过程受到抑制。张亚丽等发现,施用有机肥料盆栽一季作物后,土壤中4种有机磷组分的含量均显著提高。王林权等的土培试验表明,施用鸡粪可显著提高土壤速效磷的含量。倪仲吾等指出,有机肥料能减少土壤对磷的固定,使土壤有效磷保持较高的水平。另有研究表明,棕黄土施用有机磷增加了Al-P、中等活性有机磷比例,有利于磷的供应。

对钾的影响:中国农田作物所需要的钾主要依靠有机肥料中钾的循环和再利用。施用有机肥料能增加土壤有效钾含量。周晓芬等研究了有机肥对土壤钾素供应的影响,研究表明,3种厩肥、小麦秸秆和油菜绿肥施入土壤均可明显增加土壤速效钾和缓效钾含量,土壤供钾能力增强。

对微量元素的影响:有机肥料含有丰富的微量元素,近年来已有很多施用有机肥料对土壤微量元素有效性影响的研究。杨玉爱等研究施用有机肥料对连续种植多季作物和土壤中锌、锰有效性的影响,试验表明有机肥料是提供作物锌、锰营养的良好肥源;施用有机肥料可提高土壤锌、锰的有效性,但有机肥提供锌、锰的速度和强度不同,在第三季晚稻上土壤锌开始出现亏缺,亏缺程度随有机肥料用量的减少而增加。施用有机肥料会使稻田土壤游离铁和锰增加,与腐殖酸类物质生成的金属络合物增多。

(2) 有机肥对土壤有机质及结构的影响

土壤结构是土壤的重要物理性质,对土壤肥力具有直接影响。魏朝富的定位试验证明,无机和有机肥配合施用区与单施化肥比较,土壤中有有机质含量提高11.8%~16.5%,松结态腐殖质含量和松结态/紧密态腐殖质比值前者高于后者;有机肥料的作用首先是通过改善小于0.002 mm复合体的腐殖质品质,从而改善和更新整个土壤腐殖质的活性。汪寅虎等经17年秸秆还田的试验表明,秸秆还田适当配施化肥,有利于降低土壤容重和增加非毛管孔隙度。徐阳春的研究结果表明,长期施用有机肥能改变土壤不同粒级的组成,由于有机物质的胶结作用使小于 $2\ \mu\text{m}$ 粒级土壤颗粒的含量减少,而 $2\sim 10\ \mu\text{m}$ 粒级的含量明显增加,这对于促进土壤团粒结构的形成,改善土壤的理化性质具有积极意义。

(3) 有机肥对土壤酶活性的影响

土壤酶是土壤肥力的一个重要标志,也是土壤有机养分转化的一个重要因素。有机肥料能增强土壤酶活性,进而提高土壤肥力。大量的土壤酶活性研究表明,有机肥料含有许多酶,畜禽粪尿中的酶活性比土壤中的酶活性高几十至几百倍;有机肥料能提高多种土壤酶的活性和微生物的数量,特别是与土壤养分转化有关的微生物数量和酶活性。近年来的研究证实,非腐解的秸秆对土壤具有较好的培肥作用,能显著提高土壤中各种酶的活性。

2. 有机肥对作物的作用

(1) 有机肥料对作物产量的影响

施用有机肥可以提高土壤对作物的供肥能力,从而提高作物产量。吴硕等的长期定位试验表明,施用有机肥能明显提高玉米产量,停止施肥后,有机肥的后效明显高于化肥的后效。试验证明,施用稻草具有明显的增产作用,3年平均单施稻草比对照增产30.6%,其增产效果与单施氮处理相当。吴跃龙等的研究结果表明,施用30%有机肥区9年的平均产量为 $102.776\ \text{kg}/\text{hm}^2$,比纯化肥区高 $5.461\ \text{kg}/\text{hm}^2$,增产率达5.6%。郭胜利等则研究了施肥对半干旱地区小麦产量的影响后指出,大量施用有机肥,冬小麦17年平均产量($2.6\ \text{t}/\text{hm}^2$)相对照提高70%,同时也明显高于单施氮肥处理($2.0\ \text{t}/\text{hm}^2$),而有机肥与化肥配施的产量显著($P<0.05$)高于其他施肥处理。

(2) 有机肥对作物品质的影响

有机肥与化肥配合施用,可通过改善植物营养和生长条件对其产品品质产生良好的影响。在小麦籽粒的蛋白质组分形成中,配施有机肥既能改善小麦营养品质(清蛋白和球蛋白含量有所增加),同时小麦的加工品质(醇蛋白和谷蛋白含量增加,谷/醇比增大)也有所提高。武红霞等的试验证明,以有机肥为基肥,大麦鲜叶品质明显优于化肥作基肥的处理。吕凤荣等的研究结果表明,增施有机肥可提高小麦籽粒的蛋白质含量,且有机肥施用量越大,其蛋白质含量也越高。

(3) 有机肥对作物抗逆性的影响