



未腐解有机物与土壤培肥

姜岩论文集



吉林科学技术出版社

未腐解有机物与土壤培肥

——姜岩论文选集

吉林科学技术出版社

未腐解有机物与土壤培肥

——姜岩论文选集

责任编辑:司荣科

封面设计:梁文强

*

吉林科学技术出版社出版、发行

长春市东文印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 29 印张 705 28 字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

定价:50.00 元

ISBN 7-5384-1618-8/S·384

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换。

社址 长春市人民大街 4646 号 邮编 130021

发行部电话 0431-5677817 5635177

电子信箱 JLKJCBS@public.cc.jl.cn

传真 0431-5635185 5677817

网址 www.jkcbs.com 实名 吉林科技出版社

序

姜岩教授年届八秩,从教 60 载,积多年著述的论文选集《未腐解有机物与土壤培肥》即将出版,这是很有意义的事情。

对土壤学我是个门外汉,因此对姜岩教授的论文不敢妄加评说。但我 1998 年到吉林工作以后,有关部门的负责同志就向我介绍,姜岩教授是一位很有造诣的土壤学专家,长期从事教学和科研工作,对土壤有机培肥的机制与效用有很深的研究,并在实践中积极探索应用,对吉林省的农业发展和生态建设做出了很大贡献。姜岩教授作为吉林省人民政府资深参事,多年来积极参政议政,建言献策,撰写了一批颇有质量的调研报告,为政府的科学决策做出了贡献。他在古稀之年,继续坚持科学研究和培养研究生,建立了改良沙碱土壤和生态农业的实验基地,取得了许多科研成果。我曾到他在松原市前郭尔罗斯蒙古族自治县套浩太乡的实验基地进行考察,当地的乡亲们高兴地告诉我,昔日贫穷的碱巴拉村今天已变成富裕的米粮川。姜岩教授多年如一日的研究、探索和实践精神,受到人们的尊敬。

姜岩教授的论文集既是他科学研究的成果,也是他长期深入实际,与人民群众相结合的精神的结晶。值此论文集出版之际,特致贺并以为序。

2004 年 11 月

洪渠

前 言

2005 年的到来,在我的人生旅程中,已度过 80 个春秋,从事教育工作又有 60 载,创办资源与环境学院(原土壤农业化学系)也已 50 年。大家建议我出版一本《论文选集》以资纪念。

我在土壤教学之余,一直在探索在土壤科学方面做点什么研究工作。经历在农村的生产实践中,有点新的发现,20 世纪 60 年代初,觉得土壤有机培肥方面还有很多问题值得研究,于是在这一领域开始了我的研究工作,1965 年在《吉林农业科学》上发表了我在这个领域的处女作《施用有机肥料对黑土的培肥作用》的论文。正在准备深入开展研究工作时,1966 年开始了“文化大革命”,从此中断了我们研究工作。1970 年插队落户当了二年农民,1972 年在白城市郊农村蹲点,1973 年开始在前郭县巴拉村建设一个生态村,一直在该村蹲点五年,碱巴拉村成为我的农村实验基地。在生态建设的同时,研究生产实践中土壤培肥的途径。1978 年回到长春原校址,经过两年重建实验室,才有了开展科研的基础。1978 年恢复了土壤有机培肥的研究工作,成立了土壤改良培肥研究所(室),1982 年开始招收研究生(硕士生、博士生)。从此系统地研究了未腐解有机物培肥的机制与效应的工作,形成了自己独特的研究方向,提出了一些新论点,并在生产实践中加以应用。

本《论文选集》主要以未腐解有机物的培肥机制与效应为主线,选择了几十篇论文,包括理论研究和应用研究,主要分为四部分:未腐解有机物与土壤培肥机制研究、作物根茬还(留)田培肥效应与机制研究、土壤生态学研究、旱作农业农作制研究。此外加入一部分:盐碱地土壤改良,并将碱巴拉生态村的营建做了介绍。其他方面的研究论文均未选入,保持全书的系统性和专著性。

在未腐解有机物培肥的理论与应用的研究方面,并可供生产应用的主要成果有:

(一)《地力常新与保肥供肥机制的研究》已通过专家鉴定(省科技厅与省农委主持),成果达到国际领先水平,此前部分成果曾获国家教委科技进步二等奖。

(二)垄作少耕机械化新农作制,已在碱巴拉村进行多年试验,并通过省科委主持的专家成果验收。主管省长已批示过:通过多点示范加以推广应用。本农作制是以未腐解有机物培肥为理论基础,以根茬还(留)田为主要技术环节(已获省科技进步二等奖),适应旱作农业特点,研制了配套的农机具。

(三)留茬免耕、保土肥田坡耕地农作制,已在白山、临江等地多年进行试验,并通过省科委、省农委组织的专家验收,主管省长已批示,通过示范加以推广。此项成果曾获省政府科教兴农竞赛一等奖。

(四)碱巴拉生态村的营建,提供了一个以未腐解有机物培肥地力及农村生态建设的经验的典型村。此项成果曾获省政府农业科技成果推广一等奖、省科技示范一等奖等,碱巴拉村被评为造林模范村、吉林省造林最佳村、全国造林千佳村。

(五)研制了一种新型的长效有机复合肥,以未腐解有机物培肥为理论基础,防止了硝态

氮对环境及食品的污染,为生产绿色食品的首选肥料品种,经过五年的生产试验,并通过省科技厅和省农委组织的专家鉴定,产品达到国际先进水平。洪虎省长已批示:“应积极推广应用”。

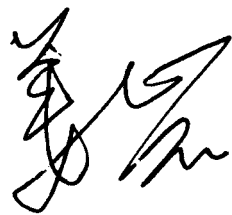
(六)研制了有机改碱剂,此产品已在碱巴拉村、明月村等的碱斑地上进行试验,结果证明:施用改碱剂的使寸草不生的白色碱斑地可以生长牧草,未播牧草的地方能自然恢复野生草而披上绿装,对草原的生态建设有重要价值。

关于未腐解有机物培肥的系统研究项目,得到了国家自然科学基金委、省科技厅、省农委、省农发办、省生态办的资金资助,并得到了历届省长、主管省长:回良玉、王金山、刘云沼、王云坤、王国发、洪虎、刘淑莹、杨庆才、李申学、陈晓光、马俊卿等领导的大力支持并给予经费资助。在此作为研究成果《论文选集》刊出之际,谨向各位领导及有关部门表示崇高的敬意和深切感谢!

为刊出《论文选集》还得到了省参事室闫书勤主任、王立安副主任、邵干参事以及参事室的工作人员的支持与帮助,在此深表谢意!

研究工作刊出《论文选集》还得到了学校党政领导及有关校内各部门的大力支持与帮助,论文的全体合作者们在研究工作中付出了很大的辛勤劳作,使得研究工作取得了成果;在此深表谢意!

特别值得提出的,在准备选编《论文选集》工作中,得到了我的学生们的很大帮助,他们有:资源学院党政负责人孙彦君、周米平等及省土肥总站杨大成站长等,省农科院土肥所王立春所长等的支持与帮助;在论文整理与校阅稿件过程中得到了吴景贵、耿玉辉、王广超、姜亦梅、冯君以及张静霞、于博、杨宁、蒋忠敏等都做了大量的工作;尤其是鞠善宏为出版《论文选集》做了大量的联系、安排工作,付出了很大的精力和辛劳;吉林科技出版社在很短的时间里为出版本书做了很大的努力,在此一并向他们表示深切的感谢!



目 录

一、未腐解有机物与土壤培肥机制研究

论土壤有机培肥	(1)
论未腐解有机物与土壤培肥	(11)
论未腐解有机物培肥土壤的机制与效应	(31)
试论未腐解态有机物的培肥作用	(38)
施用有机物料对土壤生物活性影响的初探	(45)
施用有机物料对土壤酶活性的影响	(49)
I. 有机物料对土壤酶活性的效应	(49)
施用有机物料对土壤酶活性的影响	(57)
II. 有机物料的不同分解时期土壤酶活性的变化特征	(57)
施用有机物料对土壤酶活性的影响	(62)
III. 土壤酶活性与土壤肥力因素变化的相关性	(62)
土壤磷酸酶活性测定方法的探讨	(67)
未腐解有机物对土壤生物活性的效应	(72)
I. 玉米秸秆堆腐与否对土壤微生物量的影响	(72)
未腐解有机物对土壤生物活性的效应	(77)
II. 玉米秸秆堆腐与否对土壤酶活性的影响	(77)
施用有机物料对黑土的培肥作用	(81)
土壤培肥对腐殖质组成的影响	(87)
有机培肥与黑土腐殖质的结合形态	(91)
玉米秸秆堆腐与否与土壤松结合态腐殖质的形成	(96)
未腐解有机物培肥对水田土壤理化性质的影响	(99)
未腐解有机物培肥对苏打草甸水稻土腐殖质结合形态的影响	(106)
未腐解有机物培肥对水田土壤固相有效态养分含量的影响	(111)
未腐解有机物培肥对水田土壤生物量态碳、氮的影响	(116)
土壤施用有机物料后重组有机质变化规律的探讨	(121)
I. 对有机无机复合及腐殖质结合形态的影响	(121)
土壤施用有机物料后重组有机质变化规律的探讨	(128)
II. 对重组有机质中腐殖质组成和胡敏酸光学性质的影响	(128)
玉米秸秆腐解过程中的红外光谱研究	(137)
示差光谱分析在作物残体腐解研究中的应用	(146)
玉米植株残体还田后土壤胡敏酸理化性质变化的动态研究	(149)

有机培肥后土壤水浸提取液成分的研究	(154)
玉米叶片残体腐解过程的傅里叶变换红外光谱研究	(158)
土壤水浸液浓缩过程中物质转化的富立叶变换红外光谱研究	(164)
英文论文 6 篇	(166)

二、作物根茬还(留)田培肥效应与机制研究

论作物根茬对土壤的培肥作用	(209)
作物根系在生育期对土壤生物活性的影响	(217)
作物根茬对土壤生物活性的影响	(222)
作物根茬对土壤培肥作用的研究	(227)
I. 作物根茬对土壤酶活性的影响	(227)
作物根茬对土壤培肥作用的研究	(233)
II. 作物根茬对土壤腐殖质组成的影响	(233)
作物根茬与土壤松结合态腐殖质的形成	(239)
作物根茬对土壤中微量元素有效性的影响	(244)
作物根茬对土壤团聚体的影响	(247)
作物根茬对土壤肥沃状况的影响	(251)
施用化学肥料对玉米根茬数量的影响	(254)
玉米根茬还田与玉米根系的空间分布	(259)

三、土壤生态学研究

土壤有机质与土壤生态平衡	(267)
吉林省土壤水分平衡状况计算分区	(272)
耕地土壤有机质含量与气象因素的平衡关系	(280)
吉林省耕地土壤腐殖质组成与气候因素的相关分析	(285)
吉林省土壤有机质分区的探讨	(288)
对耕地土壤有机质的评价及其在地力分级中地位的商榷	(293)
吉林省耕地土壤有机质平衡及培肥途径	(296)
耕地土壤地力衰退的防止与增进地力的农艺措施	(300)
论玉米在农田生态中的地位	(307)
I. 玉米的生物学主生态学性	(307)
论玉米在农田生态中的地位	(312)
II. 玉米秸秆和根茬在农田生态中的重要地位	(312)
论玉米的连作	(319)
保护环境保护黑土带实施绿色农业工程	(325)

四、旱作农业农作制研究

论建立垄作少耕机械化新农作制	(331)
----------------------	-------

运用土壤培肥理论探索吉林省农作制的改革	(334)
再议吉林省农作制的改革	(340)
垄作、少耕的新农作制	(345)
半干旱地区新型机械化农作制的研究	(352)
半干旱地区配配套机具的研制	(357)
半干旱地区播种机械化生产工艺的改革与试验	(361)
关于山区坡耕地实施“留茬免耕保土肥田”耕种方法的考察报告及建议	(365)
坡耕地垄作玉米留茬免耕保土增产试验研究	(366)
关于在黑土中抗旱保墒和抢墒播种的研究	(369)
旱作农业实施垄作少耕(或免耕)的系统工程发展可持续农业	(377)

五、盐碱地土壤改良

土壤会盐碱化的成因	(387)
盐碱地影响作物生育的原因	(392)
盐碱地土壤中水盐运动的规律	(398)
吉林省盐碱地土壤的类型	(404)
盐碱地土壤的改良	(411)

六、生态农业村的营建

欣欣向荣的碱巴拉生态村	(439)
-------------------	-------

姜岩传略

	(445)
--	-------

姜岩获科技成果奖及表彰表	(449)
--------------------	-------

一、未腐解有机物与土壤机制研究

论土壤有机培肥*

1. 前 言

施用有机肥料来培肥土壤在我国已经有几千年的历史,而在土壤科学上是泰伊尔于19世纪初提出植物腐殖质营养学说作为土壤腐殖质研究的开端,迄今已有180多年的历史。自从施普论盖尔、贝尔采留斯等人开始了关于腐殖物质的化学本性的研究以来,欧美、前苏联、日本的许多研究者发表和出版了大量的论著,从各个角度研究了腐殖物质的形成、分子结构、元素及各种官能团的组成状况、光学性质等等,并且取得了很大的进展。我国研究者略具特色,那就是结合土壤肥力开展了较为广泛的研究,有的以生态学观点,强调生物小循环,侧重在腐殖质的形成、转化及积累上;有的侧重研究有机无机复合;有的则以微团聚体作为集中的焦点。

由于腐殖质问题本身的复杂性,参与形成腐殖质的有机物料种类繁多而又性质各异,腐殖化过程在很大程度上又是一个生物化学过程,土壤性状与环境条件都在积极影响,涉及的面很广。这使得每个研究者只能从事某个侧面的研究,当然各个侧面研究的进展,都在一定程度上促进整体问题的解决。本文也是仅仅就有机质对土壤的培肥作用的某些方面进行初步的探讨。

2. 土壤有机质与土壤肥力

土壤形成过程一个重要的质的特征,就是形成了土壤的肥力,而土壤的肥力就是土壤能够生长绿色植物的能力。威廉斯指出有机物质的合成与分解是土壤形成的本质,Lassell在他的名著《世界的土壤》中把“形成土壤者:有机物”作为书中第二章的标题。这就是说,只有在有机质的作用下才能形成具有肥力的土壤。显然,土壤有机质是组成土壤肥力的核心物质。

土壤中的有机物包含着多种多样的有机化合物,这些化合物在土壤中常常被分解。在分解过程中首先释放出大量的二氧化碳,成为植物光合作用所需要的碳素营养的重要来源。有些有机物矿化成为植物所需要的各种形态的营养物质,在无矿质肥料条件下它成为植物所需要的各种营养元素的主要来源。现代科学已经证明某些有机化合物可以直接被植物吸收,虽然吸收的数量很小,但却在植物生理上发挥着特殊的作用。已有研究还提出,土壤有机质的存在状态甚至影响着植物对矿质营养元素的吸收过程。这些作用也说明有机质与土壤肥力的重要关系。

此外,土壤有机质还可以大大改善植物的土壤营养环境状况,即改善土壤的物理的、化学的及生物学性质,使之更适宜植物的生育。这是因为有机质在土壤中形成一类特殊的高分子化合物——土壤腐殖质。土壤腐殖质是一种胶体,在土壤中比较稳定,且能与土壤矿物质结合成为有机-无机复合体。土壤腐殖质在土壤中的存在状况与积累程度,都在很大程度上影响

* 本文在中国土壤学会第六次代表大会暨1987年学术年会上发表

土壤的性质和土壤的肥力。因此,研究土壤培肥就必须研究土壤腐殖质问题,而研究土壤有机培肥就成为建立生态农业与土壤管理科学的理论基础。

然而,腐殖物质本身及其对土壤肥力的影响,都是一个极其复杂的问题,给研究工作带来很大的困难。例如,培肥所用的有机物料是腐熟的好还是未腐解的好?有机质的培肥作用主要是形成腐殖质的数量还是腐殖质的品质(组成状况)^[1]?有机质在土壤中的转化过程、胡敏酸与富里酸的形成及其比值究竟应当怎样看待?诸如此类问题都涉及到确定具体培肥措施的理论依据,可惜的是,国内外的研究结果目前还不能令人满意地回答这些问题,也就是说土壤有机培肥的机制,实际上并没有研究清楚。

3. 矿质肥料进入植物营养的生物循环

自从农业化学家李比希(1840)提出了植物矿质营养学说以来,打破了有机——无机——有机这个模式基本属于封闭式的植物营养元素的生物小循环。近一个世纪的农业生产实践也已充分证明,随着矿质肥料的施用,结合其他农艺措施,使得作物单位面积产量不断增长。外加(施用)的化学肥料给土壤增添了数量很大的可给态矿质营养元素,直接被作物根系吸收,再被合成为有机物(子实、茎、叶、根等),这就使植物营养元素的生物小循环展开扩大了。当然要考虑到许多农产品被收获走不再直接返回土壤而脱离这个循环,毫无疑问将一切能够返回土壤的有机物(特别是农村的人畜粪尿和废弃有机物料)以有机肥料的形式施入土壤,这是完全应当而必要的。但必须考虑到人们总是要求土壤生产愈来愈多的产品,而不继续不断地补充(增施)矿质肥料,要发展现代农业是根本办不到的。这就使我们不可不正视面对的现代农业所带来的许多新问题。

第一,由于作物单产的不断提高,按照传统农业的经验,只靠施用有机肥料或是纳入豆科(绿肥)作物的轮作方式,已经不足以补偿土壤中被带走的植物营养物质。必须以矿质肥料来调整土壤中物质流的平衡,即施用化学肥料成为补充土壤中植物营养元素与提高作物单产的重要农艺措施。

第二,由于高产作物收益高,而施用化学肥料是多种高产作物的有力保证,近年来国内外农业的发展大有集约经营种植高产作物的趋势。例如日本书刊^[2]报道:“最近的旱作,由于集约栽培收益高的作物,种植的作物种类愈来愈少,历来认为理想的纳入绿肥作物的轮作方式几乎不见了。”这种现象是有代表性的,这就带来一个由于高产作物连作而产生的一系列新问题,必须进行合理解决。

第三,应当看到,随着作物单产的提高,利用矿质肥料使作物生产的有机物数量也迅速增多。即作物的生物学产量在不断提高,那么高产作物留在土壤中的有机质的数量也必然增多。这就要求正确评价与确定新的土壤有机质的平衡与调节措施的理论与实践。

第四,由于增施化学肥料而减少了有机肥料的用量,能否保持高产作物的持续高产,这引起了人们的忧虑。据日本松中的资料(图1)^[3],日本1925年有机肥料用量最多,而1975年的有机肥料用量大致只有1925年的1/4左右,由于增施化肥和采取其他农艺增产措施而使水稻单产增加了1倍。这个统计资料会引起人们的深思。根据我国的实际,应当避免有机肥料的减少,在提高积肥质量的同时,仍应采取措施增施有机肥料。

第五,由于有机肥料用量的减少,土壤中有机质含量的保持或减少程度及其对土壤肥力的

影响,应当怎样评价? 引起了国内外许多农业科学工作者的争议,提出了“有机农业”、“无机农业”以及“有机—无机农业”等含义并不十分清楚的论点。日本的熊田^[4]还提出了“一次土壤”(自然土壤)、“二次土壤”(传统农业耕作土壤)、“三次土壤”(产业革命后的农业耕作土壤)以及“四次土壤”(今后的耕作土壤)的说法。这种论争是难以避免的,而且问题没有研究清楚之前还要继续争议一个时期。

总之,面对新的现实,我们应当慎重而又勇于抛弃某些陈旧的观点,研究与树立一些新的观点,这应当成为讨论现代农业的新的出发点。

4. 土壤有机质与土壤生态平衡

在自然界里地球陆地表面上这一层薄薄的土壤,是联系生物与非生物之间的重要纽带。毫不夸张地说,有机质是维持土壤(有人称之为类生物体)生命的重要物质。土壤中有机质累积的数量及其存在状态取决于形成土壤的5个自然因素,Jenny用 $S = f(CVRPT \cdots)$ 这个函数式来表示这个过程。即土壤(S)的形成因素有气候(C)、母质(P)、生物残体(V)、地形(R)和时间(T),这些因素的综合作用,使每个地带的土壤中有机质的数量大体上保持稳定的平衡。

当自然植被被去掉而开垦为耕地时,就打破了这种固有的平衡,耕作土壤与栽培作物进入了生态系统。开垦后的耕地土壤,瓦克斯曼指出“由于耕作的影响,土壤中有机质的损失最初很快,以后到变慢,30年后达到平衡”。科诺诺娃解释这种现象为“长期栽培一年生作物,那么由于新形成的腐殖质不足以补偿分解的腐殖质,就可以看到腐殖质的减少。”据黑龙江的资料,开垦后头10年减少1/3,50年减少2/3,以后逐渐达到新的平衡。因此,对于开垦后土壤中有机质数量的减少应当看成是一个必然的过程,是在新的生态系统中达到的新的平衡,而不一定是地力减退的过程,甚至往往是熟化过程的特征。Jenny通过在美洲、欧洲、非洲、印度广大地区搜集的资料^[5],把土壤氮素(可以看做土壤有机质)随着开垦年数的变化数式化,也证明氮素(有机质)含量高的土壤开垦后随着耕种年数的增多而减少达到一定值,以后基本保持平衡。且发现氮素(有机质)含量低时会由于耕种而富化,趋近一定生物气候条件下的平衡值。某些有机质含量低的土壤由于耕种而富化的现象在我国也有报道^[6]。

基本生态平衡的原理,耕地土壤有机质的数量在一定的生物气候条件下(当然地形与母质也有重要影响),大体上是保持稳定的。例如吉林省中部的黑土总是稳定在2%左右,变化幅度一般不超过 $\pm 0.5\%$ 。由于管理不善而遭致土壤有机质的过度损耗,当然会降低土壤肥力,而当土壤有机质含量超过这个水平,随着有机质含量的增多而加速分解(矿化)过程,即碳从土壤中损失的速度增长。土壤中有机质要想超过这个平衡而维持高水平的含量,不仅难度很大而且要付出很高的代价,在经济上是不上算的,似乎也无此必要。Brady写道:“因此,把有机质维持在超过作物最高产量的水平之上是不明智的^[7]”。

现代农业多集约经营与种植高产作物,主要靠增施化肥来保证高产,有减少施用有机肥料

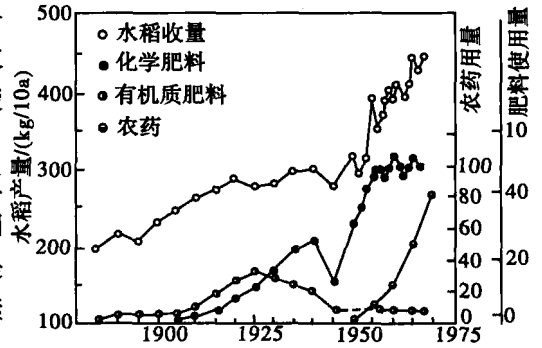


图1 日本的施肥与水稻产量

的趋势,且对传统的轮作与纳入绿肥的种植方式有所打破,这会当然给土壤中有有机质的数量与存在状态带来新的影响。综合国外许多长期定位试验的结果看,大体上有如下几种情况:

(1)长期无施肥情况下,土壤有机质含量大幅度下降,据 Salter 等人的资料^[7],在美国俄亥俄州 Wooster 地方的试验,原土壤有机质含量为 17.5 吨/英亩,连作玉米 32 年后土壤有机质降为 6.4 吨/英亩,连作小麦 32 年后为 11 吨/英亩。许多长期试验证明不施肥且又连作,产量明显下降,但经过若干年后上于产量低(即从土壤中收获走的少),又在低产量水平下平衡,土壤中的有机质数量又保持稳定。

(2)长期增施化肥的^[8],土壤有机质的数量虽有减少,但由于养分供应充足,仍然保持高产而产量并不下降。如日本的 Konosu 中央农试 50 年(1926 ~ 1975 年)的试验材料,未施有机肥的土壤有机质为 2.89%,水稻单产每公顷为 3 367kg,而连续施用有机肥料的土壤有机质含量为 3.78%,水稻单产每公顷为 3 400kg。又如美国伊利诺斯大学 Morrow 长期肥料试验,在 79 年(1876 ~ 1954 年)未施肥的基础上,1955 ~ 1973 年施用化肥连作玉米,土壤有机质含量为 1.74%,玉米平均每公顷 7 090kg;而在连续 50 年(1904 ~ 1954 年)施厩肥的基础上,1955 ~ 1973 年继续施用厩肥又加化肥,土壤有机质含量为 2.09%,连作玉米每公顷也只是 7 780kg。再如英国洛桑试验站 Hoostiedld 大麦连作试验,经过 100 多年的连作之后,单施化肥土壤有机质含量为 1.7%,而厩肥施用区的土壤有机质含量为 5.4%,1968 ~ 1975 年,施用氮素化肥每公顷 144kg,2 区 8 年的平均产量基本相似。

也有的长期试验表明虽不施有机肥而单施化肥,土壤有机质很少减少或基本稳定。如 Любарская 等人总结前苏联和英国、法国、德国、丹麦等国各主要土类上进行的多年试验结果。长期施用化肥使耕作层、有时也使犁底层土壤中有有机质的含量有所增加,认为这可能是由于根系和地面残留物量较多所致^[9]。又如志贺^[10]报道的日本鸿巢三谷水田的“有机及无机肥料长期试验”,1926 年开始经过 54 年连续单施化肥和有机肥料的对比结果,2 区产量(稻秆和糙米)均无很大差异,无机肥料区的土壤有机质含量也有增加。前些年发表的我国浙江土肥所的试验结果^[11],连续 5 年单施化肥种水稻,也是土壤有机质含量未见减少。

(4)长期施用有机肥与单施化肥相比,等氮量的增产作用不相上下,有机无机配合施用增产作用仅为 2 种肥料的含氮量之和^[5]。这从日本青森农业试验场和英国洛桑试验场的长期定位试验的结果中都得到了相同的结果论。据志贺的研究报告^[12],由有机肥或土壤有机质供给的氮和由化肥供给的氮,如其形态相同则效果相似,只要施用方法得当,增产效果两者没有什么差别。

(5)有的长期试验表明连续施用有机肥料有利于“土壤营差库”的建设,即长期连续施用有机肥,由于有机残肥的多次迭加,可以提高土壤的供肥能力。志贺据在水田中所作的长期试验结果^[10,12],指出 54 年连用有机肥的土壤中氮素营养有所富集,连用堆肥时氮素的逐年释放率第 10 年是每年施用堆肥中的 50%,第 20 年后约为 70%,第 50 年约为 90%。因此说连用有机肥使土壤变肥,在作物整个生育期间均易吸收到较充分的氮,所以比较容易得到稳定的高产。而单施化肥如果错过了适宜的追肥时期,则产量往往下降。磷素、钾素等也有类似的反应^[8]。国内外也有许多研究报告指出,由于施用有机肥料而进一步发挥与提高了化肥的肥效。

(6)应当指出国内外在低产土壤(如盐渍土、沙土及其他土壤有机质含量很低的土壤)上

所做的试验,都证明了施用有机肥料(包括种植绿肥)既增加了土壤中有机质含量,又获得了改土增产的效果。显然,关于有机质对土壤物理性状的改善,也必须充分评价。至于有些作物则可能对有机肥料有特殊的反应,例如果树施用的有机肥可以增加果品的风味而提高其产品质量等等。

(7)为了调控耕地土壤中有机质的平衡,近年来发表了一些计量施用有机肥料的研究报告。如志贺^[12]对日本水田有机肥施用标准做了一些研究,提出须将土壤中有机质的积累和维持水平与土壤供氮能力的变化,一起作为探讨有机物必要施用量的主要指标,并提出了施用量的计算方法。须湘成等^[13]根据土壤有机质矿化率和有机肥及作物根茬的腐殖化系数,提出为保持耕地土壤有机质一定含量的低施用量的计量法。

总之,尽管发表了大量的研究报告,而关于有机质对于土壤的培肥效用及其机制,还远远没有研究清楚。在一定的生物气候条件下,结合其社会经济特点,深入探讨有机培肥机制的同时,对于当代农作制势必加强研究。如吉林省以玉米为中心结合土壤培肥与建立良性循环的生态系统的农作制的研究,应当看做是当前本省农业科学研究中的一个重大课题。

5. 有机质对土壤的培肥作用

综上所述,我们必须对土壤中有机质的作用认真研究,并且要改变某些传统观念。首先必须看到,充分施用矿质肥料来补充作物对营养元素的吸收,土壤有机质已不再是植物营养物质的主要给源,这从近年来出现的无土栽培更可以说明这个道理。这样说,并不排除在农业生产中充分利用有机质给作物提供的营养物质和某些化合物的生理特殊作用。

那么,土壤中有机质到底对土壤肥力还有什么影响?如前述那样,土壤不能思议其中没有有机物,土壤有机质对改善土壤的植物营养环境状况(包括物理的、化学的及生物学的性质)的作用仍然是不可忽视的。而不同地带(生物气候条件下)的土壤有机质的数量差异很大,例如日本北海道的耕作土壤多在10%左右或更多,而我国黑龙江的耕地土壤也多在3%~4%以上,吉林省则很少超过2%~3%,黄河、长江流域则很少超过1%~2%。是否可以说只要有有机质含量高的就是肥沃的土壤?在一定的水热条件下,当地作物产量是否取决于土壤有机质的数量?不经过认真的研究是难以说明清楚的。

从长期平衡的观点,我国各地的耕作土壤中有机质含量既是稳定的又是有限量的。而这些稳定在土壤中腐殖质的形成却是一个很长时期的积累过程,据科诺诺娃^[9]的估算,至少需要1000年左右的时间。这部分稳定的腐殖质每年只能更新其中的很少一部分,如果要全部更新则将是一个非常漫长的过程。反过来看,据大量的研究材料,每年加入到土壤中的有机质,大部分被矿化掉,最多不超过20%~30%能够形成新的腐殖物质,而这部分腐殖物质仍易分解,能够继续保留在土壤中的只有6%~10%^[9]。这种情况应当成为讨论土壤有机培肥的物质基础。

利用有机物来培肥土壤,主要作用有2点:一个是不断丰富土壤中的有机物质,即增加与累积土壤中有机物的数量;再一个是不断改善土壤中腐殖质的组成状况,即更新与活化土壤中逐渐老化的腐殖物质。耕地土壤中有机质的数量在一定生物气候条件下总是保持一个大体上的平衡值,对此,有机质数量过低的土壤,则成为低产土壤。对于这种低产土壤,应当采取措施以增加土壤有机质的数量,来提高土壤肥力。对于土壤有机质数量大体上保持着平衡的土壤

来说,有机培肥的主要作用应当是改善土壤中腐殖质的组成状况。前一种情况勿庸讨论;而后一种情况要经济有效地达到培肥目的,则要进行深入的探讨。

问题是传统看法认为:有机物料都要经过堆腐后才能作为肥料施用,几乎所有的农书中都在告诫,未经腐熟的有机物料不可施入土壤。这当然有其传统原因,如 C/N 比、杂草种子、病菌孢子以及虫卵幼虫等,现在这些问题已有克服的办法。应当讨论的是从土壤培肥的观点,施用腐熟的还是未腐解的有机物“孰得孰失”的问题。过去曾以为施用未腐解有机物在土壤中易于矿化,对土壤有机质的维持与积累无大补益。这一点经 Jinkinson、Sanerbeck、Oberlander 和 Roth 等人用¹⁴C 标记所作的试验,已证实施用未腐解有机物至少可以得到与腐熟后施用的同样效果^[14]。

值得引人深思的是,国内外研究者发表的许多试验报告中,都提出了施用未腐解有机物的土壤中有一个“快速分解阶段”,遂后就稳定下来。即未腐解有机物施入土壤后 1~3 个月内矿化很快,而后则缓慢分解直到 3 年以后更长的时间^[6,14,15,16]。下边举用玉米秸秆所作的试验结果(如图 2),这个变化的曲线很有代表性,用多种有机物所作的试验结果大体上都是类似的。

对于未腐解有机物进入土壤中的这种变化过程,并未引起研究者们足够的关注,甚至把它作为引起损失碳的主要原因。我国研究者谭世文^[14]曾提到“土壤肥力或许可能从这起始的快速分解作用的产物中获得某些好处。”而堆肥的这个过程则是在土壤外部进行的,并造成碳和氮的某些损失。

关于有机质在土壤中的变化过程,由于其过程的过于复杂,现有的研究材料还不足以说明清楚。据 Schnitzer 的报道^[17],认为在腐殖化作用的第一阶段形成胡敏酸,而在腐殖化的第二阶段则是胡敏酸经化学或酶促氧化成为富里酸。至于胡敏酸的形成,据 Oberlander、Roth 和 Danneberg、Fragtag、等人用¹⁴C、¹⁵N 标记测得的资料,其速度却是出人意料的快^[14]。Oberlander 和 Roth 还发现 1 个月内胡敏酸形成就可达到很大的数量,几个月后则平稳而缓慢的下降。新形成的胡敏酸在土壤中被认为是提高土壤肥力的活跃物质^[1]。看来很有必要深入研究未腐解有机物在土壤中的“快速分解阶段”对土壤腐殖质组成的影响,提高有机物的培肥效益。

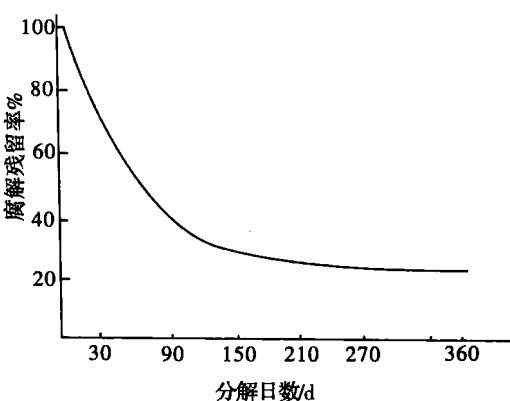


图 2 未腐解有机物矿化速率曲线

6. 未腐解有机物的培肥作用

我们从 1983 年开始在黑钙土、黑土上做了未腐解有机物培肥作用的一些试验,获得了基本相似的试验结果,发现未腐解有机物可能比堆腐的有机物有更好的培肥作用。根据试验的这些初步结果,准备从 3 个方面进行探讨。

(1) 土壤施用未腐解有机物进行培肥,施用当年表现了良好的培肥作用,而第 2 年许多测定的关于表证肥力的指标明显下降。

(2) 泥炭是一种经过某种程度的腐解且有腐殖化过程,腐殖质中包含了已渐老化的腐殖