

# 我国土壤有机质和有机肥料研究现状

文 启 孝

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘 要

本文简要的回顾了四十年来我国在土壤有机质的组成、性质、转化,有机肥对植物生长的直接作用和间接作用等方面的一些研究工作,讨论了有机质的组成、性质与成土因子的关系,指出了我国应坚持有机肥与无机肥配合的这一施肥制度。

土壤有机质对土壤肥力起着多方面的作用。它是植物养分来源之一。无论是高产的水稻、大麦或小麦,其所吸收的氮素中约45—50%即来自土壤有机质。土壤中相当一部分磷同样也是存在于有机质中。有机质还能改善土壤的物理性质和化学性质。保持和提高土壤有机质含量是保持和提高土壤生产力的重要前提。因此,它长期以来一直受到人们的重视。解放以来,为适应生产发展的需要,我国在土壤有机质的储量、性质、转化,有机肥的积、制、施用技术、效果和作用机理等各个方面进行了大量的工作。随着生产的发展和研究技术的进步,这方面的工作逐渐深入,涉及问题也有所扩大。本文将对其中的一些主要方面,作一简要的回顾。

## 一、土壤有机质的组成、性质

建国以来,我国很多单位对土壤有机质的组成、性质作过不少工作。这些工作说明,碳水化合物是土壤有机质的主要成分之一,它们主要是微生物来源的各种多糖的混合物。尽管我国各地生物气候条件迥异,土壤类型繁多,但各土壤表土中的碳水化合物中糖的组成彼此间都很相似。含氮化合物的情况也与此有某些类似。各土壤的氨基酸组成不但彼此间、而且与其上所施用的有机肥料和作物根茬间都很相似<sup>1)</sup>;尽管各土壤在氮素形态分布上有不小的变异,但无规律可循。

腐殖酸是土壤有机质的主体。研究表明,胡敏酸和富里酸不仅在元素组成、分子大小、和功能团含量等方面有明显的不同<sup>2)</sup>,而且在氨基酸组成等方面也有一定差异<sup>2),3)</sup>。冰点降低— $p^{Na}$ 校正法等的研究结果表明<sup>3-4),5,6)</sup>,胡敏酸或富里酸易于通过氢键彼此缔合或在凝胶体上被排阻,实际上他们似乎并不是如一般所认为的那样的大分子化合物,胡敏酸

- 1) 张旭东、须湘成、陈恩凤,1988: 土壤中氨基酸的研究。
- 2) 彭福泉、高坤林、车玉萍,1984: 不同来源腐殖酸中含氮化合物和碳水化合物的研究。
- 3) 张德印、杨国仪,1984: 腐殖酸的分子量测定。
- 4) 杨春华、孙达远,1984: 用凝胶色谱对土壤腐殖酸分子量分布的初步研究。

的数均分子量一般在  $5 \times 10^4$  以下,富里酸一般多在  $1 \times 10^4$  以下。糖似乎不是胡敏酸的组成部分。不同土壤中胡敏酸的氨基酸组成很相似,但它们的芳化度各不同,芳香碳 ( $\delta$  105—165ppm) 的相对含量一般变动在 35—55% 之间<sup>[1], [2]</sup>。

土壤有机质组成、性质的变异主要反映在胡敏酸 (HA)、富里酸 (FA) 的相对含量和胡敏酸的性质上,它与土壤分布的地带性密切相关。例如,黑土有机质中以胡敏酸为主,胡敏酸的分子量和芳化度也较大。从黑土带往西,依栗钙土、灰钙土、漠钙土的序列,胡敏酸的相对含量逐渐降低,胡敏酸的分子量和芳化度也逐渐变小。从黑土带往南,经棕壤、黄棕壤到红壤、砖红壤,土壤腐殖物质体系也是逐渐向分子量较小、芳化度较低、移动性较大的方向变化。在高山地区,腐殖物质体系则随海拔高度的升高而向分子量较小、芳化度较小、移动性较大的方向变化。高山草原土的 HA/FA 比值一般仅在 0.35—0.45 间,胡敏酸的絮凝极限值在 40 毫克当量左右,高山寒漠土的 HA/FA 比值较此尤低,在 0.4 以下<sup>[3]</sup>。

有机质的组成、性质决定于其形成的环境条件,是各成土因素的综合反映。上述有机质组成、性质的明显的地带性(包括水平地带和垂直地带)变异,首先反映了生物气候条件的影响。由黑土到漠钙土腐殖质的变化,主要反映了干燥度对腐殖质形成的影响;高山土壤中 HA/FA 比值均较低,说明低温不利于腐殖化过程的进行。

土壤介质反应对腐殖质形成有重大的影响。棕壤带及其以南各土带内发育于石灰性母质的土壤,其 HA/FA 比值以及胡敏酸的芳化度和氧化度均常较同一地点的非石灰性土壤的为高<sup>[6]</sup>。不同 pH 值 (pH 5—7.8) 的同一母质中所形成的土壤有机质,其 HA/FA 比值和胡敏酸的氧化度也均随 pH 值的升高而增大。

粘土矿物的组成也影响土壤有机质的组成和性质。在以水云母和蒙脱石为主的黄土状母质中所形成的土壤有机质,其 HA/FA 比值较在以高岭石为主的第四纪红色粘土中的为高<sup>[7]</sup>。

介质反应、粘土矿物组成、土壤水分状况等因素的影响可以使同一地带或同一地点内不同母质类型或地形部位上的土壤在土壤有机质组成、性质方面有显著的不同;另一方面,由黑土带往南至红壤、砖红壤带土壤有机质组成、性质的变化不仅仅是由于生物气候条件的变化,而同时也是由于土壤的粘土矿物组成和 pH 的变化所致。

渍水条件使各地带水稻土有机质的组成、性质具有一些共同的特点: HA/FA 比值大多较相应的自然植被下的土壤或旱地土壤的高,但胡敏酸的光密度值大多较低。渍水条件下所形成的土壤有机质,其 C/有机N 比值和胡敏酸的 C/N 比值还均明显的较相应的好气条件下所形成的为宽,氨基酸态氮的相对含量较高,胡敏酸的氧化度则较低。

## 二、土壤有机质平衡

土壤有机质处于动态平衡中。土壤有机质含量决定于其年形成量和分解量的相对大小。很多研究者研究了田间条件下有机物质的分解。视有机物质的种类和土壤条件等的

1) 蔡森、华士英、朱海,1988: 土壤胡敏酸的核磁共振研究。

2) 叶炜、文自孝,1988: 水稻土胡敏酸的化学特征。

不同, 腐殖化系数(分解一年后的残留碳量占施入碳量的分数)变动在 0.14—0.68 间<sup>[8-10,29,33]</sup>。影响表土中有机物质分解的主要因素有有机物质的化学组成、土壤的温度、水分状况、质地和 pH 值等。研究表明,水分的过多或不足都将影响有机物质的分解。在长江流域及其以南地区,一般年降水量较多且分布较均匀,因而有机物质在这些地区水稻土中的腐殖化系数常较在同一地点旱作土壤中的为高;反之,在半干旱半湿润的华北平原等地区,年降水量较低,或特别是在夏季较干旱的年份,有机物质在这些地区水稻土中的腐殖化系数常较同一地点旱作土壤的为低。上述各因素的综合作用,还可使得即使是同一有机物在温带地区土壤中的分解速度较在南亚热带地区者为高。例如,在天津地区的强石灰性粘壤质水稻土中,有机物质的分解速度即较在广州地区的粘质水稻土中为高。

土壤中的植物残体,在其分解的同时,将改变土壤中原有的有机质的分解速率。不同组份的有机物质,其影响各不相同。较易分解的组分的正激发效应较大,某些较难分解的组分甚至会抑制土壤有机质的分解。激发损失碳量有随加入有机物数量增加而增多的趋势,且因土壤而异,一般同种土壤中有机质含量低的土壤的激发损失碳量较有机质含量高的为多。加入的植物物质所形成的土壤有机碳量常大于激发损失碳量<sup>[11]</sup>。

一些研究者用氮素质量平衡法估计了某些地区土壤有机质的年矿化量,提出了为保持土壤有机质含量须施用的有机肥数量。据估计,在我国南方水稻土地区,每年所形成的土壤有机质约三分之一来自作物根、茬,2/3 来自有机肥料<sup>[29]</sup>。

### 三、有机肥料在养分供应方面的作用

尽可能多地将农业和生活有机废弃物投入再循环是我国农业的一大特点。直至 50 年代初期,它几乎是补充土壤养分的唯一来源。为了增加肥源,除了改进各种积肥、造肥的方法外,绿肥工作者选育出了很多适合不同生物气候条件的豆科绿肥品种,成功的发展了这些作物的高产栽培技术<sup>[30]</sup>。所谓的“以磷增氮”,在培肥土壤和发展我国农业生产上曾起了积极的作用<sup>[12]</sup>。稻田养萍和水稻-萍-鱼体系的建立,解决了粮食作物与绿肥作物争地的矛盾和进一步提高了农业的经济效益<sup>[13]</sup>。随着化学工业的发展,有机肥料在提供养分方面的作用,从相对数量来看虽明显降低,但从绝对量来看则显著增大。据估计,全国 1986 年有机肥料提供的 N, P, K 分别约为 494.6, 114.3 和 623.6 万吨,分别占 1986 年 N, P, K 总投肥量的 26.5%, 42.4% 和 87.5%<sup>[1]</sup>。

除 NPK 外,有机肥料还提供了相当量的中量和微量养分元素。例如,不同品种水稻秸秆中的 Zn 含量约为其所吸取的总 Zn 量的 56—66%,油菜秸秆中的 B 约为其总吸取 B 量的 83%<sup>[2]</sup>。人、畜粪中 Zn, B 的含量虽不高,但其有效性高<sup>[14]</sup>。所有这些说明,有机肥料不仅仍然是我国农业生产中养分的主要来源,而且它对于保护环境具有越来越大的意义。

1) Zhu Z. L. and Xi Z. B. 1989: Recycling of phosphorus in crop and animal wastes in agriculture of China.

2) 林心雄等,未发表资料。

#### 四、有机肥料中氮素的命运

氮素是作物最主要的营养元素,因而有机肥、特别是绿肥中氮素的命运受到最多的注意。示踪试验的结果表明,绿肥中的氮素对当季作物的利用率取决于其化学组成和腐解条件。C/N 比值不同,不但氮素的利用率不同,而且氮素的供应过程也各异。此外,木质素含量是另一个重要的影响因素。绿萍的 C/N 比值一般虽均小于或等于紫云英的 C/N 比值,但其本质素含量一般较高(20%左右),因而其氮素利用率常显著较低,残留率显著较高<sup>[14,12]</sup>。

水分状况通过影响微生物区系和活性,显著影响氮素的矿化和生物固定。淹水条件下绿肥氮素的矿化量和净矿化量均较早作条件下为高,因而氮素对当季作物的利用率较在旱作条件下的为高,残留率则较低。黄东迈等报道,怪麻中氮素对淹水条件下的水稻的利用率较小麦或旱作水稻的利用率高 70—187%,残留率则仅为后者的 56—84%<sup>[15-16]</sup>。

在环境较适宜的条件下,植物物质中的易分解组份在分解的最初 1—3 个月内一般基本上都已分解完毕,剩下的主要是较难分解的组份和所形成的腐殖物质,包括微生物体。这些物质的分解速率要较易分解的组份慢得多,因而尽管种植一季作物后,约 45% 以上的绿肥氮仍残留在土壤中,但它们能被后季作物吸收利用的数量并不多。在水稻—水稻—一大麦—水稻—小麦两年五熟轮作制中,在第二至第五季后作期间,来自紫云英、田菁等的残留氮的利用率,总计仅约在 8—12% 间,仅略较硫酸铵残留氮高一点,绿萍残留氮的利用率,甚至较硫酸铵残留氮略低<sup>1)</sup>。旱作条件下,绿肥的残留氮量较淹水条件下高,其对后季作物的利用率虽相应略大,但其总利用率仍将低于淹水条件下者。因此,在水旱轮作中,为了提高绿肥氮的利用率,绿肥以作为水稻的基肥为宜<sup>[15]</sup>。

较多量的残留氮不仅有利于土壤氮素储量的保持和提高,而且残留氮的有效性一般显著的高于土壤氮,因而它还有利于保持和提高土壤氮素的有效性。当然,肥料的残留氮量并不能确切代表它们对土壤氮素储量的贡献。一些研究者认为,氮肥的激发效应实质上是肥料氮和土壤氮生物内交换的结果,并据此计算了各种氮肥的净残留量。各种有机肥对土壤氮素储量的贡献均显著大于化学氮肥<sup>[17,18]</sup>。很多长期田间试验的结果也与此一致<sup>[17,18]</sup>。

#### 五、有机肥在养分供应中的间接作用

腐殖酸和低分子有机酸既能与 Fe, Al 络合,腐殖酸还能在氧化铁、铝表面上形成一层保护层。因而施用有机肥或腐殖酸盐均可减少化学磷肥的固定,提高它在土壤中的移动性,但是一般并不能提高它的利用率或获得增产效果。这可能是由于这些有机物质抑制磷的固定作用还不够大,不能在作物产量上反映出来,或者是由于所谓的固定的磷仍在一定程度上可被作物吸收利用所致。

1) 施书莲、廖海秋、文启孝、许学前、潘道谱,1984: 几种绿肥和硫酸铵的氮素平衡账及其残留氮的有效性。

提高磷矿粉中磷的利用率在生产上具有重要意义。虽然有机肥通过溶解、络合等反应具有此一作用。但是,看来只是在某些特定的条件下,它才具有实际的意义。首先,有机肥的数量须足够多,能生成较多的有机酸。其次,磷矿粉的结晶程度不太高。段平楣等曾指出<sup>[19]</sup>,胡敏酸的解磷能力随其 pH 值增高而降低,即使 pH 4.2 的纯胡敏酸,其最大解磷量(结晶程度中等的磷矿粉)亦仅为每 100 公斤 0.568 公斤磷。因此,在有机肥用量不是很高的条件下,无论将磷矿粉与有机肥预先堆沤后施用或临时混合施用,一般都难于获得增产效果。

很多有机酸可与微量元素形成水溶性络合物,从而提高微量元素的有效性。当然,不同有机化合物由于其与微量元素形成的络合物的稳定性不同,它们的效果也就会各异;另外,作物不同,同一有机物的效果也会不一样。一些研究报道,牛粪与硫酸亚铁配合施用,不仅能明显提高柑桔根和叶面对铁的吸收<sup>1)</sup>,而且在石灰性土壤上,通过促进花生根对铁的吸收,能有效的克服花生缺绿症,提高花生的产量<sup>2)</sup>。郑兴耘等<sup>3)</sup>指出,富里酸的存在既可促进大豆、菜豆、杜梨等根和叶面对铁的吸收,又可促进所吸收的铁在植物体内的运转。但俞美玉等报道<sup>[20]</sup>,同一富里酸的存在并无助于柑桔根或叶面对铁的吸收,而仅能促进吸收的铁在柑桔体内的运转。

## 六、腐殖酸的生理活性

利用示踪技术证明,腐殖酸能通过根、茎截面或叶面进入各种植物体中。进入的速度因腐殖酸的分子大小及进入的部位等而异。分子量较小的富里酸( $M_n \sim 1600$ ),叶面涂敷时,24 小时后即可进入 11%<sup>[21,22]</sup>。这些腐殖酸分子中含有醌、酚、羧基等各种功能团,因而它们能对植物的生理过程产生多方面的影响。首先,它能促进种子的萌芽。研究表明,浸种对促进种子发芽的效果因腐殖酸的来源、浓度和温度等不同而异。有的腐殖酸在低于小麦的适宜发芽温度时有明显效果,适宜温度时无效,高于适宜温度时甚至有抑制作用;有的则在上述各温度范围内均有明显效果<sup>4)</sup>。其次,它们具有促进根系、特别是次生根生长、提高根系活力的明显作用<sup>[23,24]</sup>。研究表明,腐殖酸的可水解部分对刺激根生长的作用并无明显贡献,根据对封闭个别功能团的研究结果及与已知各种结构的醌类化合物相比较,郑平还推测,腐殖酸的这种刺激作用是其中某些羟基醌结构所引起<sup>5)</sup>。第三,很多研究者观察到,无论拌种或喷施,它们均常提高作物叶片中叶绿素的含量,延迟叶片的衰老。

许旭旦等<sup>[25]</sup>还指出,腐殖酸具有增大作物叶片气孔阻力、降低蒸腾强度的作用;此一作用的大小又因腐殖酸的来源、浓度、pH 值以及作物种类等的不同而异<sup>6)</sup>。一般它初期时的效果不及脱落酸(ABA),但它的作用较 ABA 持久。

1) 石伟勇,1988: 用  $^{55}\text{Fe}$  研究柑桔不同施铁方式对铁吸收和利用的影响。

2) 王珂,1988: 有机肥对植物铁营养影响的研究。

3) 郑兴耘、杨勇、李京淑,1984: 应用放射性核素  $^{55}\text{Fe}$  研究黄腐酸对植物吸收、运转铁的影响。

4) 许旭旦、诸涵素、张晓萍、陈国参,1984: 不同来源腐殖酸对小麦种子发芽的影响。

5) 郑平,1984: 论腐殖酸中的醌基。

6) 许旭旦、诸涵素,1984: 不同来源腐殖酸对甘薯和小麦叶片气孔阻力和蒸腾作用的影响。

## 七、有机、无机肥料的配合施用

有机、无机肥料配合施用是合理利用资源、更好的保持和提高土壤肥力的施肥制度。有机肥和化学氮肥配合施用,将变化化肥氮的供应过程和命运。一般将使化肥氮的供应过程较其单独施用时平稳,使其对当季作物的利用率明显降低,残留氮量明显增多。利用交叉标记法的研究表明<sup>[26,27]</sup>,与此同时,有机肥氮对当季作物的利用率则明显提高,残留氮量显著降低。当有机肥料的 C/N 比值较窄时,无论是种植水稻或旱作的条件下,当季作物对化肥氮吸收量的降低是以对有机肥氮吸收量的增多为代价、土壤中残留的化肥氮量的增多是以有机肥氮的残留量的减少为代价而实现的。即配合施用,肥料氮的去向基本上为二者单独施用时的代数和。

化学氮肥与有机肥配合虽然只是在较特定的条件下才可能通过使肥料氮的供应过程更与作物的需氮过程相吻合,而在产量上表现出交互作用,但在一些缺磷或缺钾的土壤上,由于有机肥中含有较完全的养分元素,因而不但在产量上可表现出显著的正交互作用<sup>[27]</sup>,而且有改善产品质量的作用。甚至在施用等量 NPK 的条件下,与单施化学肥料相比较,有机、无机配施的这种效果、特别是改善产品质量的效果仍然清楚可见<sup>[28,1]</sup>。沈中泉等报道,与单施化肥的相比,有机肥与化肥配施的处理,烟草生长点中赤霉素(GA)的含量和 ABA/GA 的比值均较高,根的表面积也较大,而且不同有机肥的这种效果也略有不同<sup>1)</sup>。产生这种现象是由于有机肥中某些微量元素或是某些生物活性物质所致,目前还不清楚。

### 参 考 文 献

- [1] 文启孝、彭福泉、林心雄,1988: 土壤有机质。中国土壤,科学出版社,390—404页。
- [2] 侯惠珍、袁可能,1986: 土壤有机矿质复合体研究 III. 有机矿质复合体中氨基酸组成和氮的分布。土壤学报,第23卷3期,228—235页。
- [3] 陆长青、朱黛婉,1982: 腐殖酸数均分子量测定。土壤学报,第19卷2期,194—201页。
- [4] 张德和、杨国仪、宋恩兰、秦文燃,1981: 用沸点升高法测定黄腐酸的分子量。化学通报,第11期,17—22页。
- [5] 陈荣峰、余守志、赵天增、林素凤、曹凯临,1981: 腐殖酸核磁共振波谱的研究 IV. 几种甲基化腐殖酸中各类碳的 T<sub>1</sub> 值和相对含量。燃料化学学报,第9卷2期,180—186页。
- [6] 赵斌军、文启孝,1988: 石灰性母质对土壤腐殖质组成和性质的影响。土壤学报,第25卷3期,243—251页。
- [7] 程励励、文启孝、阮立三,1987: 母质对新形成腐殖质的影响。土壤学报,第24卷2期,105—110页。
- [8] 张洪源、刘明钟、张家建,1986: 有机物料在旱地土壤中分解规律的研究。土壤肥料,第4期,7—11页。
- [9] 林明海、黎娟冰、熊国根,1986: 红壤旱地有机质转化及其培肥效果的研究。土壤肥料,第4期,19—24页。
- [10] 林心雄、文启孝、徐宁,1985: 广州地区土壤中植物残体的分解速率。土壤学报,第22卷1期,47—55页。
- [11] 蔡道基、毛伯清,1980: 紫云英对土壤有机质分解和积累的影响。土壤通报,第3期,19—23页。
- [12] 朱兆良,1978: 土壤氮素。中国土壤,科学出版社,360—375页。
- [13] 刘中柱、郑伟文,1986: 红壤固氮及其利用。我国土壤氮素研究工作的现状和展望。科学出版社,195—211页。
- [14] 施书莲、文启孝、廖海秋,1980: 绿肥作物的化学组成对其氮素有效性的影响。土壤学报,第17卷3期,240—246页。
- [15] 黄东迈、朱培立、高家骅,1982: 有机无机肥料氮在水田和旱地的残留效应。中国科学, B 辑, 9—12 期, 907—912 页。

1) 沈中泉、郭云桃、袁家富、范先鹏,1988: 论有机肥在提高农作物产品品质中的作用。

- [16] 朱培立、黄东迈, 1986: 土壤水湿状况和肥料碳、氮比对稻田肥料氮素转化的研究。土壤学报, 第 23 卷 3 期, 251—260 页。
- [17] 程励勋、文启孝、施书莲, 1986: 有机肥和化学氮肥配合施用对氮素的供应和转化。我国土壤氮素研究工作的现状与展望。科学出版社, 104—115 页。
- [18] 钟思维, 1987: 有机与无机配施对水稻产量及地力的影响。广东农业科学, 第 4 期, 25—27 页。
- [19] 段平楦、王振荣、顾益初、蒋柏藩, 1979: 原煤粉解磷条件的研究。土壤学报, 第 16 卷 3 期, 282—290 页。
- [20] 俞美玉、沈守江、俞立达、叶妙福、石学根, 1986: 柑桔对  $^{59}\text{Fe}$ -黄腐酸吸收和运转的研究。原子能农业利用, 第 2 期, 51—58 页。
- [21] 李京淑、杨秀、仪明光、杨志福, 1982: 氚标记消基腐殖酸(NHA)及其进入植物体内的研究。原子能农业利用, 第 4 期, 33—39 页。
- [22] 许旭旦、杨德兴、诸涵素、庞向宇、王德喜、管顺朝、仪明光, 1984:  $^3\text{H}$ -FA 叶面喂饲后在小麦幼苗体内吸收和运转的研究。植物生理学报, 第 10 期, 291—293 页。
- [23] 梅慧生、杨玉明、曹宗巽, 1982: 腐殖酸钠对植物生长的刺激作用。植物生理学报, 第 6 期, 133—140 页。
- [24] 李淑婕、郑平, 1981: 腐殖酸结构与植物刺激作用。江西腐殖酸, 第 4 期, 6—18 页。
- [25] 许旭旦、诸涵素、杨德兴、庞向宇、朱保本、王德喜, 1983: 叶面喷施腐殖酸对小麦临界期干旱的生理调节作用的初步研究。植物生理学报, 第 9 卷, 367—374 页。
- [26] 黄东迈、高家骅、朱培立, 1981: 有机、无机肥料氮在水稻-土壤系统中的分配。土壤学报, 第 18 卷 2 期, 107—121 页。
- [27] 沈中泉、郭云桃、刘良学、蔡家祥, 1986: 有机肥和无机氮肥配合施用对肥料氮的去向。土壤通报, 第 17 卷 3 期, 107—110 页。
- [28] 张春兰、张耀栋、高祖民、徐国华、王力杨、周权锁, 1988: 肥料配合施用对蕃茄产量、品质的影响。土壤通报, 第 6 期, 276—279 页。
- [29] Wen Qi-xiao, 1984: Utilization of organic materials in rice production in China. Pages 45—56 in IRR1 (ed.) Organic Matter and Rice. Los Banos, Philippines.
- [30] Gu Rong-shen, Wen Qi-xiao, 1980: Cultivation and application of green manure in paddy fields of China. Pages 207—209 in Proc. Symposium on Paddy Soils. Science Press, Beijing.
- [31] Sun Xi, Zhang Yongsong, Yi Qizhao, Tang Caixian, 1986: Effect of organic manure on soil fertility and crop production. Pages 85—101 in Current Progress in Soil Research in People's Republic of China. Jiangsu Science and Technology Press, Nanjing.
- [32] Wen Qixiao, Cheng Lili, and Shi Shulian, 1987: Decomposition of Azolla in the field and availability of Azolla nitrogen to plants. Pages 241—254 in IRR1(ed.) Azolla Utilization. Los Banos Philippines.
- [33] Xu Xiangcheng, Zhang Fihong, Tong Guoliang, Tang Yaoxian, 1986: Calculating by approximate method the amount of organic manure required to increase soil fertility; Pages 189—196 in Current Progress in Soil Research in People's Republic of China. Jiangsu Science and Technology Press, Nanjing.

## A REVIEW ON THE STUDIES OF SOIL ORGANIC MATTER AND ORGANIC MANURE IN CHINA

Wen Qixiao

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

### Summary

In this paper studies on the composition, properties and transformation of soil organic matter as well as their relation with soil forming factors in the past four decades in China were briefly reviewed. The effect of organic manure on soil fertility and plant growth was discussed. And the importance of the integrated management of organic manure and chemical fertilizer in agriculture was emphasized.