

当代土壤微生物学的活跃研究领域*

李阜棣

(华中农业大学, 430070)

摘 要

土壤微生物学的基本内容是阐明微生物在有机质分解和植物营养元素转化中的作用, 它们同土壤肥力的发展和植物生长的关系, 以及微生物对土壤和其它环境的净化功能。本文根据土壤微生物学的历史和现状, 从下面七方面介绍和讨论了当今这一学科的活跃研究领域。(1) 土壤圈和其它生态系统的物质循环及其定量研究。(2) 土壤的生物多样性。(3) 植物根圈微生物。(4) 微生物和植物共生体系。(5) 土壤微生物个体生态学。(6) 土壤微生物在环境保护中的作用。(7) 有益微生物的农业应用。作者强调, 不论是学科本身的发展或微生物的农业应用, 当今均需加强土壤微生物学的应用基础研究。

关键词 土壤微生物学, 物质循环, 土壤肥力, 植物生长, 环境保护

一、前 言

有机物质分解的机制、土壤中硝酸盐形成的原因、植物氮素养料的来源, 是19世纪中叶许多学科共同关心并活跃研究的问题, 对它们的深入探讨促进了农业科学的发展, 其中包括土壤微生物学的诞生^[1,4]。瓦克斯曼于1927年发表的巨著《土壤微生物学原理》^[40]总结了自从维诺格拉德斯基在上世纪末叶奠定了土壤微生物学的基础以来半个世纪的研究成果, 标志着土壤微生物学已经成为一个独立的学科。该书详细阐述了微生物在有机物质分解和植物营养元素转化中的作用, 以及它们同土壤肥力的发展和植物生长的关系, 这些仍然是当今土壤微生物学的基本内容^[26]。

60年代以来, 微生物生态学研究有较快发展^[7], 推动了土壤微生物学的研究和环境微生物学的出现。土壤是供养人类的最重要环境, 是土壤微生物学和环境微生物学的共同研究对象, 传统的土壤微生物学也充实了新内容^[9]。近20年, 特别是80年代以来, 由于逐渐采用新研究技术和手段, 使土壤微生物学的发展进入了一个新时期。下列诸方面是当代受到人们重视的一些活跃研究领域和课题。

二、土壤圈和其它生态系统的物质循环及其定量研究

微生物是生物圈的三大员之一, 也是土壤圈和水圈的活跃成员, 是自然界物质转化和

* 本文承蒙我国土壤微生物学界前辈陈华癸教授和樊庆笙教授指正, 特此致谢。

生产发展的作用者。微生物在有机物质的矿物质化、腐殖质的形成和分解、植物营养元素的转化等诸过程中起着不可替代的作用。经过约一个半世纪的研究,对许多生命元素的转化途径不但描绘出了轮廓,而且对有关微生物也进行了大量的、相当深入的研究。但是,由于研究手段的限制,诸种过程的定量研究仍然是很粗放的,而且有些转化环节了解不多,甚至全然不清楚。不论是从全球变化的角度和土壤内部物质转化方面,均有许多问题有待继续深入研究。

(一) 土壤圈同其它生态系统的物质交换

土壤圈是地球系统的组成部分,它处于气圈、水圈、岩石圈和生物圈之间的界面与之交互作用层之上,既是该系统的支持者,又是它的产物^[1]。因此只有从整个地球系统各部分交互作用中去了解物质循环过程,才能深入认识本质性规律。尤其重要的是定量研究,以掌握诸种物质和元素的源(Source)与库(Sink)的关系。

碳素是数量最大的生命元素,其无机态主要是 CO_2 , 它的源是大气。它的有机质化主要是无机营养型生物推动的,所以生物物质(即生物量, Biomass)、有机质和腐殖质是它的库。自然界碳素源与库的平衡是维系地球系统稳定性的重要因素。根据新近的估计,大气中 CO_2 固定为有机碳而后固定在转化周期非常长的腐殖质碳的数量比过去估计的少2—3个数量级,大气 CO_2 含量正在增加^[31]。 CO_2 和甲烷都是主要温室效应气体。当今大气中的甲烷每年以1%含量增长^[4]。 N_2O 也是造成大气变暖的重要气体,近几十年里它在大气中的含量每年增加0.25%。某些土壤中,耕作施肥降低 CH_4 的吸收并提高 N_2O 的排放量,使大气中的这两种气体浓度增高^[23]。所以土壤微生物学工作者在碳氮等元素循环方面尚有许多问题需要深入研究。在这一领域的研究中要同有关学科研究者协作。新近的研究发现, CH_4 和 N_2O 除从土壤逸出进到大气中外,植物组织也释放出可观的数量^[2,25]。

现在人们对一些元素循环的某些未知环节正在了解。以硫素循环为例,大气中的二甲基硫 $[(\text{CH}_3)_2\text{S}]$ 是藻类和盐沼植物的产物,它通过光化学氧化形成甲烷磺酸 $(\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$, 即 MSA), 是自然界硫素循环中的主要气态环节。长期来对它的进一步转化不了解。最近发现能以 MSA 作为生活基质的一些细菌,将 MSA 分解为 CO_2 和硫酸盐^[8]。于是认识了硫素转化的这一环节和新的微生物类群。

(二) 土壤中生物物质的内循环

这里所指的生物物质仅包括微生物物质(Microbial biomass),即土壤中生活微生物的总量。尽管生物物质仅占土壤有机组分的小部分(因而有时不受重视),但它是生活着的有机体和物质转化的作用者,因而是土壤肥力的重要因素,对植物养料具有贮存和调节作用^[34],是土壤有机质变化的指标。它本身的转化周期比一般有机物质短得多,生物物质的产生量与它的存留量之比在5—50之间。生物物质不断地分解和形成,所以其中的各个碳原子在以 CO_2 释放到大气之前可能已在土壤微生物群社内部经历了多次再循环。这一内循环中还包括氮、磷、硫等元素的形态变化,并影响某些微量元素在生物体内的富集。土壤中这一重要的内循环是整个物质循环中迄今知之最少的一个重要环节^[39]。

(三) 微生物数量和生物物质的定量研究

测定微生物活菌数的传统方法是平皿培养法和滴定度法,只能测出土壤中少部分微

生物。70年代以来,生物化学(DNA和ATP法)和生理学(呼吸法)方法应用到土壤微生物的定量研究中来^[9]。英国研究者创造的并不断改进的薰蒸法^[19,38]应用以来,大大地推动了微生物生物物质的研究。这一方法仍在完善之中。近年来提取自然样本中DNA的方法得到改进,按样品中DNA量来计算活细胞数量的技术将会有更好应用前景。当代土壤微生物学进入了新的定量时代。但是土壤生物物质碳氮元素内循环的定量研究还是较粗放和肤浅的。老的方法需要改进,也期望出现更好的新方法。

三、土壤的生物多样性

土壤中微生物种类繁多,各种微生物之间相互作用,关系复杂,已研究过的尚只是很小部分,因为能够在实验室培养的土壤微生物可能仅百分之几^[39]。对大量未知微生物的了解有待于新技术和方法的发展。近年来微生物生态营养群(包括贫营养型)研究的发展^[39],土壤中低温型细菌的分离^[20],给予人们很大启示。作者认为土壤微生物种类的多样性和它们在土壤中的动态应该反映出土壤发生发育历程的变化和周年气候等因素的变动。土壤中必然存在比人们已知要多得多的生理型、营养型、生态型等丰富多样的微生物种类。

最近根据DNA复性动力学原理所测定的土壤DNA的同源性来估算,每克干土中至少有4000种不同的细菌克隆(Clone),而每种克隆(并非生物种)包括 3.8×10^6 个细胞^[39]。可见,仅以土壤细菌而言,其群落(Community)是由大量遗传上独立的克隆所构成。群落中的每种细菌群体(Population)的组成也远非均一的^[40]。可以认为,在各种自然体中,土壤是最丰富的微生物(尤其是细菌)基因库,这里蕴藏着取之不尽的资源。

土壤微生物的多样性还表现在其它方面,如形态的变化和代谢活性的多功能性。不久前发现了土壤和水中细菌的一种新形态,即有生命的但不能培养的状态(Viable but nonculturable state)。有的细菌在某些条件下(如贫营养)细胞变小,甚至可以通过细菌过滤膜,但仍保持完整的细胞结构和代谢功能。这种称为超微细菌(Ultramicrobacteria)的形态不在常规培养基上分裂繁殖,目前还不知道如何培养。从生态学观点看,超微细菌也是一种正常形态。土壤和淡水的主要特点之一是贫营养性,或周期性贫营养。因此,同实验室富营养的培养条件相比,自然条件下的细菌往往处于“饥饿”状况,而这正是细菌在自然界生活的正常环境^[27]。至少部分细菌是如此。研究微生物的多样性才能深入认识土壤中复杂的生物学过程。

四、植物根圈微生物

自从提出根圈(即根际, Rhizosphere)概念以来,根圈微生物一直受到研究者的重视,已积累了丰富资料。但根圈微生物研究的难度大,原位研究更加受到限制。由于人们认识的深入和新研究方法的引入,出现了根圈微生物研究的新热情。最近出版的一些专著^[22]就是表现之一。根圈是一个连续体系,它的范围从近根土壤、通过根的表皮至皮层,分别称为外根圈、根面和内根圈。根圈是诸种生物(包括微生物、小动物、植物)相互作用

的界面和物质转化的活跃区域^[6],非常复杂。

当前一个热门研究领域是根圈植物促生细菌 (PGPR) 和有害微生物 (DRMO, 不包括寄生细菌)^[29]。这方面的研究兴趣是 1980 年前后高涨起来的。当时发现假单胞菌属的某些菌株能在马铃薯、甜菜和胡萝卜根圈迅速繁殖,有些田间试验也表现显著增产效果^[21]。已经发现的 PGPR 相当多,分布在许多细菌属中。有些根圈联合固氮菌对植物的影响也主要是促生作用。目前需要进行深入的基础研究。不仅是根圈微生物的数量,更重要的是研究微生物类群组成和它们之间的关系,以及随植物生长而发生的变化。促生作用只是特定菌株的属性,是一个细菌种内只有某些菌株是 PGPR,而有些菌株可能是 DRMO。有的 PGPR 菌株对不同植物的作用有差别,或者只是对特定的 DRMO 有抑制作用。另一方面,即使在实验室证明是 PGPR 的菌株,于生产条件下能否在根圈定居并在诸多微生物中有一定的数量优势,也是重要研究课题。

五、微生物和植物共生体系

微生物和高等植物共生不是特例,而是自然界的普遍现象。有些共生关系是组成型的,即共生伙伴永久同在,从种子发芽至成熟,周而复始;有些则是诱导型的,植物在生长的某阶段被微生物感染形成共生体系^[22]。人们已进行了大量研究的主要是后者。

在各种共生体系中最为大家所熟知的是根瘤菌和豆科植物的共生,但在近两万种豆科植物中尚只是很少一部分作过调查。70 年代主要发现之一是根瘤菌能够在榆科中的 *Parasponia* 属植物上结瘤固氮^[36],引起了人们寻找根瘤菌其它非豆科新寄主的兴趣。在非豆科植物中同弗兰克氏菌 (*Frankia*) 共生固氮的种类很广泛,分布在 7 目 8 科 24 属的几百种植物中^[32]。尽管固氮非豆科植物的研究历史同固氮豆科植物相当,但进展慢得多。重要原因之一是 1978 年才获得内生菌的纯培养^[40],现在研究步伐加快了。

在共生固氮方面根瘤形成过程和固氮功能调控的分子生物学是当前的主要研究热点,已定位了几十个共生基因并进行了它们细微结构研究,进展非常迅速^[32]。能否诱导原本不结瘤的非豆科植物形成固氮根瘤的问题,学术界的看法很分歧。不过由于现在已经能够采用一些方法使某些固氮微生物进入非豆科植物根内形成瘤状物或类根瘤 (Paranodule),人们的兴趣有所增长。固氮共生体系是生物长期进化过程的结果,如果能够人工构建新的具有类似于豆科根瘤固氮功能的共生体系,可能需要对植物和微生物二者的遗传性进行改造。

真菌和高等植物共生更为普遍。大多数植物都有菌根。已知 80% 以上植物具有 VA 真菌根系^[31]。菌根菌之外的其它真菌同植物的共生也很广泛,它们许多都是组成型共生体系^[12]。

在共生体系中,微生物不仅有利于植物营养状况的改善,现在已知还会合成其它物质,对植物有利或有害。共生体系的研究有必要从更广泛的角度来考虑其意义。它是许多学科研究的交会点。随着遗传工程应用的发展,对内共生体进行遗传改造,将会给农业生产带来利益。不但构建高效固氮根瘤菌是可能的,而且可以使根瘤菌获得有利植物生长的其它新性状。例如,已有人构建了携带苏云金杆菌毒素基因的豌豆根瘤菌和木豆根

瘤菌^[24],同时具有固氮和杀虫作用。

六、土壤微生物个体生态学

微生物个体生态学 (Microbial autecology) 研究微生物种内个体的动态及其与环境的关系。它采用合适的方法来跟踪所研究的对象在自然条件下的数量变化和分布。继荧光抗体技术之后,80年代 DNA 探针(DNA probe) 技术或称核酸杂交 (Nucleic acid hybridization) 技术在土壤细菌个体生态学研究得到了应用^[16,29]。这种技术具有高灵敏度和强特异性,而且能检测难以从自然样本中分离培养的细菌。近年来报告基因 (Reporter gene) 和聚合酶链式反应 (Polymerase chain reaction, PCR) 技术也被采用到微生物生态学和环境微生物学中来^[35],大大提高了核酸杂交技术的灵敏度,即使每克土壤样本中只有一个特定的细菌细胞也能被检测出来。

土壤微生物个体生态学进一步受到重视的原因之一是遗传工程微生物 (Genetically engineered microorganisms, 称 GEM) 的出现和应用,人们关心其可能产生的生态学后果,需要了解 GEM 在土壤和水中的动态,以及基因在自然环境中的转移^[37]是否造成危害。在有益微生物的农业应用中,微生物个体生态学既是一项基础研究,也是评估微生物作用和效果的重要手段。分子生物学原理和某些方法向微生物生态学的渗透^[3]是当代土壤微生物学发展的特点之一。

七、土壤微生物在环境保护中的作用

现在人们认识到培肥土壤以提高生产率和保护土壤免受污染同等重要。环境的污染和被污染环境的净化是多方面的。人们非常注意那些直接污染土壤的因素。随着塑料的广泛应用,难于分解的废弃塑料严重污染土壤和其它环境。于是可降解塑料的研究和塑料的微生物降解,成为重要研究课题。农药品种不断增加,用量加大,在土壤中的残毒也日趋严重,危害人类健康,破坏生态平衡。研究工作包括农药降解微生物的分离和利用,以及深入研究这些微生物的生物学、生态学、生理学和遗传学。

在自然界中必定有许多未知的微生物推动未知的作用过程。这些微生物不能用常规的纯培养方法进行分离培养。有些人造物质的降解是几种微生物密切协同作用所催化的。生态生理学日显重要,即自然条件下微生物的生理代谢作用,以及生物和非生物的因素对代谢作用的影响。GEM 的应用也给环境带来新的问题。微生物对环境的保护和净化作用将会受到更大的重视,也有许多未知领域有待人们去探索。

八、有益微生物的农业应用

由于篇幅限制,这里仅涉及微生物接种剂在农业生产中应用的问题。有益微生物接种剂主要有两大类。一类是利用微生物来改善植物营养和促进生长,一般称为微生物肥料或菌肥(菌剂);另一类是利用微生物防治植物病害和虫害,一般称为微生物农药(包括

杀虫菌和农用抗生素)。下面只讨论微生物肥料方面的问题。

自 1896 年在德国开始销售专利根瘤菌纯培养制品以来,根瘤菌剂研制和应用的热情一直持续至今。但是根瘤菌的应用研究同它的理论研究相比,进展慢得多。早期遇到的一些问题今天依然存在,如接种的增产作用不稳定、商品菌剂不保证质量、使用方法效果不好等。

除根瘤菌剂之外,其它微生物的应用也在一些国家作过尝试。前苏联曾于 30 和 40 年代在不同作物上大规模地应用固氮菌 (*Azotobacter*) 剂,在东欧曾广泛使用以巨大芽孢杆菌 (*Bacillus megaterium*) 制成的磷细菌肥料,还出现过复合菌肥制品^[11]。我国从 50 年代初起研制并在不同规模上应用上列几种菌肥和其它品种(如蓝藻),经历了几起几落的局面^[12]。当今出现了名目繁多的“生物肥料”,但未见关于它们作用和效果的微生物学基础研究方面的学术论文和严格的田间试验报告。很多品种名不符实,质量很差。

瓦克斯曼在他的巨著中曾指出,早在上世纪晚期,人们就期待土壤微生物学将会给农业带来革命,正像医学微生物学对医学和治疗所起的革命作用一样,但这种愿望并未实现。在生产中发挥了作用的只有根瘤菌对豆科植物的接种^[13]。现在国际上研究者认为应该加强基础研究工作,其中重要的问题之一是关于有益微生物的生态学规律及其作用条件^[17]。这方面在我国尚未受到充分重视。

60 年代以来对固氮菌的生理学和固氮力能学的研究,在很大程度上避免了固氮菌接种剂的盲目使用。一些联合固氮菌在实验室和温室中都证明有很好应用前景^[13,15]。但在大田使用中需要解决它们在植物根系发展和繁殖的问题。有的微生物尚未在实验室充分证明某种人们所期望的代谢功能,不应盲目地在生产中应用。

九、结 束 语

最后,我想提出,从学科性质来说土壤微生物学属于基础微生物学的范畴,它同农业微生物学有紧密联系,但不能简单地看成是农业微生物学的一部分。农业微生物学如果作为一个学科看待,则属于应用微生物学范畴。至于包括植物生产、动物生产、微生物生产的大农业所涉及到的微生物,则分别属于微生物学不同分支学科研究的对象。几十年来土壤微生物学有很大进展,但维氏所倡导的生态学观点和原位研究技术路线应进一步发展和应用,大力采用新技术进行研究,特别是原位研究,以推动土壤微生物学进一步发展。

参 考 文 献

1. 陈华英,李卓棣,陈文新,曹燕珍,1981: 土壤学微生物学。上海科学技术出版社。
2. 陈冠雄,高曙辉,于克伟,禹阿东,吴杰,1990: 植物释放氮化亚氮的研究。应用生态学报,第 1 卷 1 期,94—96 页。
3. 李卓棣,1991: 分子生物学对微生物生态学的渗透。见《中国土壤科学的现状与展望》(中国土壤学会编),89—95 页,江苏科学技术出版社。
4. 李卓棣,1990: 土壤和环境微生物学的发展历史与研究现状。见《土壤和环境微生物学》(陈文新,胡正嘉主编),4—8 页,北京农业大学出版社。
5. 赵其国,1991: 土壤圈物质循环研究与土壤学的发展。土壤,第 23 卷 1 期,1—3 页。
6. 张福锁,曹一平,1992: 根际动态过程与植物营养。土壤学报,第 29 卷 3 期,240—250 页。

7. Atlas, R. M. and R. Bartha, 1987: *Microbial Ecology*, 2nd ed. The Benjamin/Cummings, New York.
8. Baker, S. C. et al., 1991: Microbial degradation of methanesulphuric acid: a missing link in the biochemical sulphur cycle. *Nature*, 350: 627—628.
9. Burns, R. G. and J. H. Slater, 1982: *Experimental Microbial Ecology*, Blackwell Scientific Publishers, Oxford.
10. Callaham, D. et al., 1978: Isolation and cultivation in vitro of the actinomycete causing root modulation in *Comptonia*. *Science*, 199: 899—902.
11. Campbell, R. and R. M. Macdonald, 1989: *Microbial Inoculation of Crop Plants*. IRL Press, Oxford.
12. Carroll, G., 1988: Fungal endophyte in stems and leaves: from latent pathogen to mutualistic symbiont. *Ecology*, 69: 2—9.
13. Chalk, P. M., 1991: The contribution of associative and symbiotic nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of non-legumes. *Plant and Soil*, 132: 29—39.
14. Crutzen, P. J., 1991: Methane's sink and sources. *Nature*, 350: 380—381.
15. Dobreiner, J. and F. O. Pedrosa, 1987: *Nitrogen-fixing Bacteria in Nonleguminous Crop Plants*. Science Tech Publishers, Madison.
16. Fry, J. C. and M. J. Day, 1990: *Bacterial Genetics in Natural Environments*. Chapman and Hall, London.
17. Giller, K. E. and K. J. Wilson, 1991: *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems*. C. A. B. International, Wallingford.
18. Hopwood, D. A. and K. F. Chater, 1989: *Genetics of Bacterial Diversity*. Academic Press, London.
19. Jenkinson, D. S. and D. S. Powlson, 1976: The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. a method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 8: 209—213.
20. Kimura, T. and K. Horikoshi, 1988: Isolation of bacteria which can grow at both high pH and low temperature. *Appl. Environ. Microbiol.*, 54: 1066—1067.
21. Kloepper, J. W. et al., 1980: Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth promoting rhizobacteria. *Nature*, 286: 885—886.
22. Lynch, J. M., 1990: *The Rhizosphere*. John Wiley & Sons, Chichester.
23. Mosier, A. et al., 1991: Methane and nitrous oxide fluxes in native, fertilized and cultivated grasslands. *Nature*, 350: 330—332.
24. Nambiar, T. A. et al., 1990: Limiting an insect infestation of nitrogen-fixing nodules of the pigeon pea (*Cajanus cajan*) by engineering the expression of an entomocidal gene in its root nodules. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56: 2866—2869.
25. Nouchi, I. et al., 1990: Mechanism of methane transport from the rhizosphere to atmosphere through rice plants. *Plant Physiol.*, 94: 59—66.
26. Paul, E. A. and F. E. Clark, 1989: *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, New York.
27. Roszak D. B. and R. R. Colwell, 1987: Survival strategies of bacteria in the natural environment. *Microbiol. Rev.*, 51: 565—379.
28. Saylor, G. S. and A. C. Layton, 1990: Environmental application of nucleic acid hybridization. *Ann. Rev. Microbiol.*, 44: 625—648.
29. Schipper, B. et al., 1987: Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 25: 339—358.
30. Schlensinger, W. H., 1990: Evidence from chronosequence studies for a low carbon-storage potential of soil. *Nature*, 348: 232—234.
31. Smith, S. E. and V. Gianinazzi-Pearson, 1988: Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 39: 221—244.
32. Stacey, G. et al., 1992: *Biological Nitrogen Fixation*. Chapman & Hall, New York.
33. Steffan, R. J. and R. M. Atlas, 1991: Polymerase chain reaction: Application in environmental microbiology. *Ann. Rev. Microbiol.*, 45: 137—161.
34. Stevenson, F. J., 1986: *Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. John Wiley & Sons, New York.
35. Torsvik, V. et al., 1990: Comparison of phenotypic diversity and DNA heterogeneity in a population of soil bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 776—781.
36. Trinick, M. J., 1973: Symbiosis between *Rhizobium* and the non-legume, *Trema aspera*. *Nature*, 244: 459—460.
37. Trevors, J. T. et al., 1987: Gene transfer among bacteria in soil and aquatic environments: a review. *Can. J. Microbiol.*, 33: 191—198.

38. Vance, E. D. et al., 1987: An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol Biochem.*, 19: 703—707.
39. Vancura, V. and F. Kunc, 1988: *Soil Microbial Associations*. Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, Prague.
40. Waksman, S. A., 1927: *Principles of Soil Microbiology*. The Williams & Wilkins Company, Baltimore.

PROSPEROUS AREAS OF CURRENT SOIL MICROBIOLOGY

Li Fudi

(*Huazhong Agricultural University, Wuhan, 430070*)

Summary

It is the fundamental task of soil microbiology to expound the roles of microorganisms in organic matter decomposition and plant nutrient transformation, their relations to soil fertility and plant growth, and microbial function in the purification of polluted soil and other environments. Based on the history and present status of soil microbiology, this paper introduces and discusses some currently active research areas in the following seven aspects: (1) material cycling and its quantification in pedosphere and other ecosystems. (2) biodiversity of soils. (3) rhizosphere microorganisms. (4) symbiotic systems formed by microbes and plants. (5) microbial autecology in the soil. (6) role of soil microorganisms in the protection of the environment; and (7) application of microorganisms beneficial to agriculture. The author places emphasis on the importance of basic research for both the development of this discipline and the utilization of microbes in agriculture.

Key words Soil microbiology, Material cycling, Soil fertility, Plant growth, Protection of environment