

[文章编号] 1000-2782(1999)04-0109-04

# 农业土壤力学及生态环境影响 效应的研究展望

李小昱

(西北农业大学机械与电子工程学院, 陕西杨陵 712100)

[摘要] 论述了农业土壤力学研究的意义,介绍了国内外该领域的研究进展,并提出从生态学的角度研究农业土壤力学的观点,即将农业土壤力学特性与各种动力学过程及整个自然环境联系起来,这有利于农业土壤资源的合理利用与生态环境的保护。而采用现代化测试方法的农业土壤力学研究将有利于精确农业的发展,促进农业生产的可持续发展。

[关键词] 土壤; 农业土壤力学; 生态环境

[中图分类号] S152.9 [文献标识码] A

人类对农业土壤进行规模日益增长的施工与开发,不但消耗巨额能源、材料、人力和资金,而且导致了生态环境稳定机制的破坏。全球性的资源、生态环境等问题已经向人类提出了严重挑战<sup>[1]</sup>。所以在不断开发和改进高功能的机械装备和作业方法的同时,还必须合理利用和保护人类赖以生存的土壤资源,改进生态环境。

## 1 研究意义

农业土壤是指能生长作物,有一定肥力的地球陆地表面的疏松表层。这层土壤具有较大的孔隙度,有良好的水、肥、气、热状况,适合作物及某些微生物生长发育。需采用各种方式进行耕作、轮作、施肥和灌溉,以保持并提高土壤肥力,使农作物产量持续不断地增加。

土壤耕作是旱地农业保蓄雨水、调节土壤墒情、保苗增产的重要途径,也是严重影响水土流失、土壤有机质含量和肥力下降的一个潜在因素。在土质、地质的土力学领域中,“土”往往作为地基、堤坝的支承与建筑材料,仅需分析其应力、应变等力学性质,无需研究水、肥、气、热等肥力因素及环境因素对作物生长的影响。而在农业土壤力学中,土壤是作为一种特殊的生物有机质和人类最基本的一种资源来看待的<sup>[2]</sup>。

在作物生长的周期中,土壤不仅受到机械力(工具、机器产生的力)的作用,也受到自然力(风力、水力、重力、热力、人类与植物的活动等)的作用,必须把自然力考虑在内,是因为现代化农业的概念,既包含可再生有机质和原料的生产,亦包含保护自然资源、环境和生态,以便为人类后代留下生存的基本条件。尤其在干旱半干旱地区,要保证农业增产,必须有一个保水、保土、保肥的良好土壤环境。

[收稿日期] 1998-07-15

[作者简介] 李小昱(1953—),女,教授

农业土壤作为一个物理系统,不断遭受外力作用。这些外力可能来自机械因素(机械力),或是来自环境因素(自然力)。如果要保持一种土壤状况或者要把土壤改变成为某种所需的状况,而同时要有效地利用机械力,或合理地利用自然力,那么除了对外力的理解之外,还必须对土壤在外力作用下的反应特性有充分理解。因为外力提供了使土壤由某一状况变成另一状况的条件,而土壤的反应则规定变化的类型和程度。受外力作用时土壤变化所经历的过程及最终所达到的状况与作用力系统、工况和环境条件、土壤物理性质密切相关。对过程及其最终状况定量化的预测描述,是发展农业土壤力学的中心课题,这通常是十分复杂和困难的<sup>[2]</sup>。

目前,农业土壤力学主要研究了地面力学(土壤—机器系统力学)方面的内容<sup>[3]</sup>,忽略了农业土壤力学特性与其物理性状、肥力状况、人类与植物的活动等环境影响因素之间的关系。以致于在不少场合下,当设计机械装备的结构时,当制定耕作方法与工艺时,是尚在缺乏土壤及其生态环境影响因素方面的知识情况下进行的。为要提高农业生产,开发改进生态环境的综合耕作技术,加速农业机械的发展,则必须重视从这一角度去研究问题。

农业土壤力学的研究内容将涉及到土壤物理学、耕作学、作物栽培学、土力学、工程力学、农业机械学、农业工程学等多学科领域的问题。这对于农业土壤力学行为和响应规律性知识的理解,发展学科,以及新技术、新机器的开发,作业过程的优质低耗,旱地蓄水保墒耕作方法的研究,农业机械与农业工程的快速发展,保护生态环境,都具有重要的意义。

## 2 研究进展

50年代以来,国内外着重于地面力学方面的研究已得到了发展。国外在行走机械方面涉及了轮胎的结构形式、结构参数、配置方式、作业参数与机器性能的关系。在履带研究方面把库伦定律用于水平方向牵引力的理论计算。在机具方面,研究了某些机具的结构参数和作业参数对土壤物理性能的影响,以及土壤在不同水分下的摩擦、粘附、凝聚行为等。近年来, Negi<sup>[4]</sup>进行了田间试验,确定了压实和最少耕作对玉米产量和土壤特性的影响。Erbach<sup>[5]</sup>研制了测量土壤压实的应变计。Wang<sup>[6]</sup>研究了湿粘土的应力和应变的相互关系。Hanson<sup>[7]</sup>提出了土壤水分和压实对侵蚀的影响。Harris<sup>[8]</sup>提出一模型,以预测土壤由于各向异性固结造成的土壤压实。Chi等人<sup>[9]</sup>对未扰动圆柱体试样进行了压力试验,并对几种模型进行了比较。Hatibu等人<sup>[10]</sup>研究了不饱和土壤从粘性流动到脆性破坏的转变。Gupta<sup>[11]</sup>研究了在冲击载荷作用下饱和土壤的动态特性。Wang<sup>[12]</sup>作了用锄齿切割湿粘土的有限元分析。Ekwue等人<sup>[13]</sup>研究了泥炭含量对某些土壤压实性的影响。Hanson<sup>[14]</sup>提出用土壤强度和应力—应变作为土壤侵蚀的指标。Weise<sup>[15]</sup>研究了摩尔—库伦土壤力学在翼型锄铲设计中的应用。Perfect<sup>[16]</sup>研究了不同作物轮作后进行传统耕作的能量消耗。

国内主要在旱田机具的牵引、压实、碎土、通过性能、水田的流变特性规律以及土壤的摩擦、粘附等方面进行了一些研究。潘君拯等人<sup>[17]</sup>进行了水田土壤流变特性的研究。孙一源等人<sup>[3]</sup>提出了“农业土壤力学”的概念,论述了土壤的基本特征、力学性质以及与农机行走机构的相互作用。陈秉聪<sup>[18]</sup>对减粘脱土机理进行了研究。毛罕平等人<sup>[19]</sup>研究了土壤高速切削的变形与破坏。区颖刚<sup>[20]</sup>对塑性土壤的破碎进行了比较。姬长英<sup>[21]</sup>研究了湿软土壤剪切应力—剪切速度—时间的关系及应用。曾德超的“机械土壤动力学”专著介绍了

土壤性质行为机理、土壤载荷特性、土壤工艺元素及耕作、挖掘、行驶原理方面的内容。

综观农业土壤力学方面的研究, 虽然对土壤—机器关系的研究从 50 年代便有进展, 但土壤属于结构和响应都十分复杂的一类介质, 其理论分析和数值处理都十分困难和复杂。迄今为止, 国内外所出版的有关土壤—机器关系的论著基本立足于从力学上研究土壤的变形和强度, 即重视力学上个别现象的主要效应, 而忽视土壤的力学特性与土壤的物理性质、机械因素、环境因素等相互作用下的效应, 即从生态学的角度研究问题。当前在世界范围内, 人口不断增长, 过度垦植严重, 与土壤相互作用的机器种类日益增多, 生态环境趋于恶化, 尤其是干旱半干旱地区的生态环境更为脆弱。所以在不断开发和改进高功能的机械装备和作业方法的同时, 必须重视农业土壤资源的合理利用与生态环境的保护, 研究揭示土壤自然演变规律与人类活动相互作用的效应, 为促进农业持续发展提供科学依据。

### 3 发展趋向

近年来, 由于化肥工业的不断发展, 水土资源趋向合理利用, 以及农业机械化的迅速发展都对农业土壤力学提出了大量的理论和实际问题。

**从生态学的观点看问题** 为了农业土壤力学能在科学发展与生产实践中发挥更大的生命力, 为农业发展创造良好的生态环境, 以促进农业生产持续发展, 已不能仅限于静态的研究, 而要将农业土壤力学特性与各种动力学过程及整个自然环境联系起来, 即从生态学的观点去研究这一问题。随着近代数学、物理、化学的渗透, 以及红外技术、遥感技术、电子计算机技术的应用, 农业土壤力学的研究必将不断深入, 发展也一定是多层次、多学科交叉的, 其理论将不断完善, 应用也将日趋广泛。

**采用现代化测试方法与手段** 现代化测试、控制和自动化技术的发展为农业土壤力学的研究提供了条件, 各种新技术、新工艺、新装备的应用和开发, 把测试技术推向一个新阶段。特别是随着微电子技术、电子计算机技术的迅猛发展, 测试技术发生了深刻的变革, 目前在工业过程控制中已进入智能化传感器、智能仪表和智能检测系统阶段。所以, 采用新技术、新装备的农业土壤力学测试系统成为深入研究的关键。

**促进精确农业的发展** 精确农业是继低投入可持续农业(LISA)后为适应信息时代要求, 美国农业界提出的一个新课题<sup>[21]</sup>。它是站在农业整体化高度, 对作物投入、作业, 以至决策都实行精确控制, 从而实现产出优化。精确农业近年来在发达国家中发展很快, 与水—土—作物—气象关系、农业生物环境物理等交叉学科的基础研究有密切的关系, 并得益于已普遍建立的土壤、水文、气象、地形、地貌等数据库。那么农业土壤力学的研究也必将推动精确农业的发展。

今后应加强系统的理论和实验方法的研究, 注意新技术、新理论的引入与应用, 加强理论与工程实际的联系, 将实际应用课题作为突破点, 以合理利用土壤资源, 促进农业的持续稳定协调发展。

#### [参考文献]

[1] 吴义生. 生态环境科学概论[M]. 北京: 中共中央党校函授学院, 1990.

[2] 曾德超. 机械土壤动力学[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1995.

[3] 孙一源, 高行方, 余登苑. 农业土壤力学[M]. 北京: 农业出版社, 1985.

- [4] Negi S C. The effect of compaction and minimum tillage on corn yields and soil properties[J]. Trans ASAE, 1990, 33(3): 744 ~ 748.
- [5] Erbach D C. Strain gage to measure soil compaction[J]. Trans ASAE, 1991, 34(6): 2345 ~ 2348.
- [6] Wang J. Deformation and failure in wet clay soil: Part 1 stress-strain relationships[J]. J Agric Engng Res, 1993, 54(1): 37 ~ 55.
- [7] Hanson G J. The influence of soil moisture and compaction on spillway erosion[J]. Trans ASAE, 1993, 36(5): 1349 ~ 1352.
- [8] Harris H D. A critical state interpretation of soil compaction by anisotropic consolidation[J]. J Agric Eng Res, 1993, 55(4): 265 ~ 276.
- [9] Chi L, Tessier S, Mckyes E. Modeling mechanical behavior of agricultural soils[J]. Trans ASAE, 1993, 36(6): 1563 ~ 1570.
- [10] Hatibu N, Hettiaratchi D R P. The transition from ductile flow to brittle failure in unsaturated soils[J]. J Agric Eng Res, 1993, 54(4): 319 ~ 328.
- [11] Gupta C P. Dynamic behavior of saturated soil under impact loading[J]. Trans ASAE, 1993, 36(4): 1001 ~ 1007.
- [12] Wang J. Deformation and failure in wet clay soil: part 3 element analysis of cutting of wet clay by tines[J]. J Agric Engng Res, 1994, 58(2): 121 ~ 131.
- [13] Ekwue E J, Stone R J. Effect of peat on the compactibility of some trinidadian soils[J]. J Agric Engng Res, 1994, 57(2): 129 ~ 136.
- [14] Hanson G J. Investigating soil strength and stress-strain indices to characterize erodibility[J]. Trans ASAE, 1996, 39(3): 883 ~ 890.
- [15] Weise G. The application of mohr-coulomb soil mechanics to the design of winged shares[J]. J Agric Engng Res, 1997, 67(3): 235 ~ 247.
- [16] Perfect E. Energy requirements for conventional tillage following different crop rotations[J]. Trans ASAE, 1997, 40(1): 45 ~ 49.
- [17] 潘君拯, 陆则坚, 钱焱樵. 我国水田土壤流变特性的研究[J]. 农业机械学报, 1982, 13(2): 43 ~ 54; 1982, 13(3): 9 ~ 15; 1983, 14(2): 34 ~ 39; 1983, 14(3): 34 ~ 44.
- [18] 陈秉聪. 典型土壤动物体表面形态减粘脱土的初步研究[J]. 农业工程学报, 1990, 6(2): 1 ~ 6.
- [19] 毛罕平, 桑正中. 土壤高速切削变形与破坏的研究[J]. 农业机械学报, 1992, 23(2): 94 ~ 98.
- [20] 区颖刚. 塑性土壤破碎方法的比较[J]. 农业工程学报, 1994, 10(1): 16 ~ 19.
- [21] 姬长英. 湿软土壤剪切应力—剪切速度—时间关系及其应用[J]. 农业工程学报, 1994, 10(4): 20 ~ 43.
- [22] 张 伟. 农业发展的新课题——精确农业[J]. 农业工程学报, 1997, 13(3): 249 ~ 252.

## Agricultural Soil Mechanics and Influential Effects of Ecological Environment

**LI Xiao-yu**

*(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwestern  
Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100, China)*

**Abstract:** This paper discusses the research meaning of agricultural soil mechanics. It also introduces the research achievements in this discipline. Also, it suggests the research way of ecology and the development tendency in the future.