

农业生物力学在农业工程中的应用

李 小 昱

(西北农业大学农工系, 陕西杨陵 · 712100)

摘 要 论述了农业生物力学的意义和作用, 介绍了该学科一些研究进展与应用, 并提出今后农业生物力学的发展动向及对农业工程所产生的影响。

关键词 生物力学, 农业生物力学, 农业工程

中图分类号 Q81, S2, TB17

生物力学起源于 17 世纪, 但作为一门现代科学是近 20 多年的事。力学是研究运动的科学, 生物学是研究生命的科学, 生物力学是用力学的方法定量地、分析地研究生物系统的功能和构造的关系, 它用力学的方法来处理从前不属于力学的问题, 使许多知其然而不知其所以然的观察及经验有了较深的了解^[1]。生物力学应用于农业方面, 成为农业生物力学。这是一个尚未开拓, 而又有广阔前景的新领域, 将逐步成为一门新的边缘学科^[2]。它对农业工程, 农机系统的发展与创新会产生深远的影响, 在实现农业现代化中将发挥巨大作用。近年来, 美国及其他一些工业发达国家对这方面进行了广泛的研究, 其成果在实际生产中的应用促进了农业工程各学科的进一步发展。

1 研究进展与应用举例

1.1 农业生物力学与农业生物材料的物理性质

对农业生物材料物理性质的研究可视为农业生物材料力学, 其重点为生物流变学。它着重测定生物组织和材料的力学性质, 确定其本构方程或流变状态方程。其研究对象如植物, 包括其根、茎、叶、花、果、种子等。动物, 包括其肌肉、骨骼、血液及动物产品, 奶、蛋等。在种植和饲养过程中还要遇到土壤、肥料、饲料及动物的排出物即粪便、污水等。一般工程技术的对象都是无生命的工程物质, 在设计和分析中一般只涉及工程对象的物理特性, 而农业工程以广义的农业生产过程为对象, 面对的工程物质是有生命的植物、动物、微生物和它们赖以生存的环境。处理农业生物材料时既要涉及它的物理性质, 也要涉及其生物性质。一般力学研究 Euclid 固体, 弹性力学研究 Hooke 固体, 流体力学则研究 Pascal 和 Newton 液体, 而农业生物材料大多属于多相、非均匀、各向异性的复合材料, 其力学特性较经典理论有不少差异。生物材料不同于一般工程材料最主要的特点在于其受力后的变形明显地随时间变化, 即具有流变学特性。生物流变学处于弹性、塑性理论和流体力学的前沿, 是物理、化学、力学交界处的一个新生分支学科, 具有交叉学科特点。另外, 在不同生理状态下, 生物材料的力学性质差异很大, 其本身还参与代谢活动, 这些都是生物材料力学所面临的问题。这些研究为各种机械和系统, 如生产、加工、处理、贮藏、包装、运输和质

收稿日期: 1993-04-08.

量检验等,可提供合理设计和制定工艺的依据。例如,在果品的收获、贮运过程中,引起机械损伤的主要内因是其流度特性。在分析研究中,要用粘弹性模型来描述这种流变特性。这对于合理设计收获、贮运的机械与设备,解决损伤问题很有帮助。

1.2 农业生物力学与农产品加工

农产品、畜产品、水产品的加工、贮运、保鲜及废弃物的处理和利用是一个相当广阔的研究领域。要提高其生产质量、制定合理的工艺,开发高效能的加工设备,必须了解和掌握与生物技术相关的力学问题。

例如,谷物、水果、蔬菜进行加工、贮运和保鲜时,首先必须掌握其以时间和温度为主要参数的热特性资料,将农产品加热、冷却、干燥和冷冻时,这些特性将直接影响机器的工作性能。在设计乳品的冷冻设备、肉制品的加热和脱水设备、果蔬的制冷设备、罐头生产和食品加工设备时,不仅要研究解决其工艺与设备,而且要研究生物材料本身的性质,需要应用现代化生物科学去解决。这里有一系列技术问题与农业生物力学有关。

又如,过去几十年中,许多研究者发展了农产品品质的无损检测法。它是在不损坏被检对象的前提下,能有效检测农产品内部或表面缺陷的检验方法。其对农产品的分级、分类和质量评价是基于和产品某些质量因素相关的各种物理力学特性的检测,利用了密度、坚实度、变形、冲击力、回弹、等参数的测定以及振动特性、声波特性、光特性、电特性等^[3]。比如,有人研究了果品碰撞的损伤预测^[4],果品声信号和内部品质的关系等^[5]。我国目前的农产品品质的无损检测和分级仍停留在手工和半机械化的状态,对农产品的外观和内部品质尚不能无损地作出定量判别。所以,利用农业生物力学的研究来开发适合我国国情的农产品品质无损检测技术是非常重要的。

1.3 农业生物力学与农业机械

当设计机器装备的作业程序、机器结构以及控制系统时,当进行机器效率分析和测定时,农业生物材料的力学特性资料和数据是必须具备的。它的研究成果是研究和设计具有先进性能的作业机器和设备的原始依据,并能启发和引导工程技术人员去探索和发现新的原理,为产品设计提供最佳参数。

例如,在研究水果振动特性的基础上,发明了用振动原理设计的水果收获机械^[6],其中有抖动式、撞击式等。设计粉碎机械时,必须研究被加工对象的破碎能是,以便研究粉碎的最佳方案。选择和研究采棉部件主要参数时,应考虑吐絮棉铃的物理机械性能,其中最重要的是单粒籽棉间的连接力和籽棉瓣与铃壳之间的连接力。土壤的摩擦角,切削阻力,撞击破碎过程等是计算和预测耕作机械运动情况及合理设计耕作机械所必需的资料。所以,可以用非牛顿流体方程描述土壤与金属的摩擦,据变化率过程理论,建立摩擦应力与滑动速度和正应力的关系式。饲料或青饲料的可压缩性、膨胀性、内摩擦系数、粘附性和流变特性等,都是研究其贮藏或打捆方法的重要资料。另外,农作物的形态,物理性质和力学性质对谷物联合收割机的切割与脱粒性能均有影响。总之,谷物、水果、蔬菜的耕作机械,种植机械、装运机械,加工机械和贮存设备的设计使用,都需要以其力学特性作为基本资料。

1.4 农业生物力学与农业生产

农业生物力学的发展必然要对农业生产产生重要影响。传统农业生产受自然的影响

极大,随着农业生物力学的发展,有可能逐步定量地描述与控制农业生产中的许多问题。现有的力学大都仅涉及与外界环境无传质过程的封闭系统,和以此为基础的热力学问题。而农业生物力学和一般生物力学一样,是以开放系统热力学为基础,与外界环境有传质过程(如呼吸、水分吸收、散热、吸热等等)的力学问题。另外,作物生长过程的模拟,最佳控制等多方面的力学研究也逐渐随着科学技术的发展而逐步引起人们的重视。研究者从测定和描述生物生长发育不同阶段的特性出发,进而分析各特征指标对生物生长发育过程的影响,寻找调整和控制这些指标的工程技术和装备,使各种生物按照人类预期目标生长发育,以获取优质、高产、高效的产品。

比如,有学者对谷物破裂进行了研究。谷物破裂不仅会降低磨粉的质量和抵抗霉菌侵入的能力,同时也会降低种子的出芽率。造成玉米、大米和大豆破裂的主要原因有两方面:一方面是在收获、脱粒、加工等过程中受到碰撞而造成的机械损伤;另一方面是由于内部物理、化学或生理上的变化而引起的。因谷物在收获后的人工干燥过程中,由于内部温度、含水量的变化,引起温度应力和收缩应力而产生应力裂纹。如1982年,Balastreire等人测了玉米的断裂韧度临界值^[7],1979年Gustafson等人应用平面有限单元法计算了玉米粒受到环境温度的阶跃变化时,其内部在不同时刻的温度分布和应力分布^[8]。

近年来也有人应用力学的方法,使用传感器和测量仪器来研究植物的生长过程,以得到关于植物生长情况的定量描述和有效地控制其生长过程。如Dexter等人利用材料力学的观点来研究植物根在生长时,是否能进入土壤,这个问题对于了解土壤的不均匀性对根在土壤中的分布和形态的影响很重要^[9]。

另外,关于秧苗出土力的研究。秧苗出土受到自然形成的土壤硬表皮的抑制,若不能很好出土,作物的产量将受到影响。许多人应用电阻应变计测量棉花、玉米和饲料作物等秧苗的出土力,得到了秧苗具有最大出土力的临界时间等计算公式^[10,11]。

这些研究使农业生产中的许多现象和过程的描述更加精硬、严密,并可用数字量表示出,以便有效地控制之。

2 发展动向及对农业工程所产生的深远影响

2.1 应用新技术、新装备的测试系统

生物力学仪器是农业生物力学研究的重要手段,也是衡量一个国家农业生物力学学科先进程度的重要标志之一。要想深入了解并解决农业生物力学各方面的问题,必须加强测试手段的研究。现代测试、控制和自动化技术的发展为生物力学测试系统提供了条件,各种新技术、新工艺、新装备的实施应用和研究开发,把生物力学测试系统推向一个新阶段。电子技术特别是半导体新工艺、材料科学的发展和固态物理效应的不断出现,促进了传感器的发展,扩大了它的应用领域。电子计算机技术的开发和应用,使生物力学仪器日益小型化、集成化、数字化、自动化。

由于农业生物材料和工程材料不同,因而研究方法也有其自身特点。有的可用工程力学中常用的一般测试仪器和方法,但有的则需要特殊的生物传感器。生物传感器是模拟生物体的性能,利用生物材料制成的新型传感器,广泛用于生物工业、食品工业、环境监测等方面。大部分生物传感是以单一化学物质为测量对象的单功能传感器,但也有象检测鲜度、

味道、气味那样,要求以某种形式同时测量由微量多种化学物质构成的对象。这样的多功能传感器正在开发与完善,比如有鱼肉鲜度传感器。生物传感器在食品生产过程中一般用于发酵、消毒、质量检验等,比如有醋酸传感器,谷氨酸传感器等^[12]。生物传感器的重要性已日益引起人们的注意,并认识到它作为新的测量手段的价值,它已从对单项物理、化学参数的监测发展到对农业生物体生命过程的连续监测。而且未用测试仪器也不断发展。

信号处理和分析对测试系统来说已不仅仅是辅助技术,而是一种基本技术。广泛采用计算机和信号处理技术,提高测试系统的可靠性是一个新动向。农业生物力学与其他学科紧密结合,互相渗透,需要获取的信息量大大增加。因此,测量自动化是获取、处理、分析信息的必然途径。另外,把数据采集、处理和传输结为整体,构成一完整系统,配上各种系统软件的实现智能化。如已成功应用的有奶牛识别,计算机管理奶牛场,计算机控制温室环境等人工智能技术。近年来,非接触式的测技术也得到发展。所以,农业生物力学测试技术的深入研究已成为发展农业生物力学的关键。

2.2 促进工业化方式生产的发展^[13,14]

随着生物工程技术和在农业中的广泛应用,大量的新材料、新技术、新工艺、新装备将会被引进农牧渔业机械设备的生产中,现有的一些技术及设备将逐步被淘汰。这里有一系列技术问题与农业生物工程、农业生物力学有关,农业生产将逐步走向工厂化、程序化和科学化。

比如,随着生物工程和微电子技术的结合,一系列农业生物力学问题的研究与应用,完全由人工控制环境的工厂化生产已得到发展,植物工厂就是把农业工业化作为目标。在植物工厂中,有发芽装置、育苗装置、控制装置、作物生长监测装置等,明确地规定了生产工序,并使控制要素数值化。在这种最佳数值下,能实现连续、高速、大量生产。工厂化的动物饲养也开始取得成功,特别是蛋鸡和肉鸡的工厂饲养已成为人类农业发展史上的重大成就。所以,工厂化的鸡舍结构设计开始受到研究者的重视。在鸡舍设计中除了考虑通风,温度控制和投料方法等,另一个不可忽视的问题是鸡舍结构的动态特性。这里则需要研究鸡体的动态特性^[15],目的是探讨鸡的共振参数,为鸡舍结构动态性能设计提供科学依据。

另外,现已开始研究生物在厂房发酵器中进行细胞水平的繁殖问题。这些必将对农业机械的科研、生产产生极大的影响,改变现有的有关农业机械和农业机械化的概念、思路和发展方向,出现一些可能在原理上、机构上与现在完全不同的新设备,这些新的机械设备的研究与开发可能会成为农业机械研究与开发的一个新的领域。因此,在当前有目的地追踪农业生物学的发展,加强农业生物力学基础理论的研究,开展一些超前一步的农业机械以及农业机械化等科学研究项目是十分必要的,而且有着巨大的现实意义。只有这样才能使生产手段的发展与生产技术的发展保持同步,加快农业机械化、自动化、现代化的发展。

参 考 文 献

- 1 冯元桢. 生物力学. 北京: 科学出版社, 1983
- 2 孙一源. 农业生物力学与农业工程. 农业机械学报, 1986, (3): 82~85
- 3 Chen P, Sun Z. A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agricultural products. J. Agric. Engng Res, 1991, 49(2): 85~88
- 4 Siyami S, Brown G K, Burgess G J. Apple impact bruise Prediction models. Transactions of the ASAE, 1988, 31(4): 1038~1046
- 5 Yamamoto H. Nondestructive acoustic impulse response method for measuring internal quality of apples and water-melons. J. Japan. Soc. Hort. Sci, 1981, 50(2): 247~261
- 6 赵学笃. 农业物科学. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 7 Balastreire L A. Fracture of corn endosperm in bending part I. fracture parameters. Transactions of the ASAE, 1982, 25(4): 1057~1062
- 8 Gustafson R J. Temperature and stress analysis of corn kernel-finite element analysis. Transactions of the ASAE, 1979, 22(4): 955~960
- 9 Dexter A R. The deflection of plant roots, J. Agric. Engng Res, 1978, (23): 17~22
- 10 Goyal M R. Analytical prediction of seedling emergence force, Transactions of the ASAE, 1982, 25(1): 38~41
- 11 Goyal M R. Stresses generated in soil crust by emerging eicots, Transactions of the ASAE, 1982, 25(3): 556~562
- 12 铃木周一著; 霍纪文, 姜远海译. 生物传感器. 北京: 科学出版社, 1988
- 13 高迁正基著; 王继龙译, 野菜工场. 农业译文, 1989, (4): 1~6
- 14 吴方卫, 曹曙明. 农业生物科学的发展与农业机械研究. 农业机械学报, 1992, 23(1): 97
- 15 王凤竹. 鸡体动态特性的测试, 北京农业工程大学学报, 1992, 12(4): 62~66

The Application of Agrobiomechanics to Agricultural Engineering

Li Xiaoyu

(Department of Agricultural Engineering, Northwestern Agricultural
University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract This paper discusses the function and meaning of agrobiomechanics. It also introduces the research achievements and application in this discipline. Also, it suggests the developing tendency of agrobiomechanics and its influence upon agricultural engineering in the future.

Key words Biomechanics, agrobiomechanics, agricultural engineering