科 学 通 报
第 42 卷 第 17 期 Chinese Science Bulletin 1997 年 9 月

【研究简报】

土壤动物柔性非光滑体表及其防粘降阻特性

任露泉 王云鹏 李建桥 佟 金
(吉林工业大学,长春 130025)

关键词 柔性 非光滑 防粘 仿生

土壤对触土部件的粘附严重影响地面机械的工作效率、工作质量,增大能耗,甚至使其无法作业,例如:克服土壤对耕作机具粘附与摩擦消耗的能量约占耕作总能耗的 30%～50%[1];土壤对土方铲运机械触土部件的粘附积土量可达其额定容量的 20%～50%[2]. 土壤动物具有优良的体表防粘功能,基于这一原理,开展了仿生减粘降阻理论与技术研究[3-5]. 土壤动

载体 pcDNA3 中,通过转化脂介导转染离体培养并带有 β-IVS-2-654 C→T 突变基因的重组 Hela 细胞 H654,结果发现重组细胞中 β-IVS-2-654 C→T 突变基因的剪接缺陷得到了不同程度的抑制(另文发表). 以上研究结果使我们初步看到了反义核酸抑制剪接缺陷从而治疗 IVS-2-654 C→T 突变型 β-地贫的希望,并为今后临床上实施对 β-地贫基因治疗提供了科学资料.

值得指出的是:反义核酸的途径并不局限于 β-地贫 IVS-2-654 C→T 剪接突变型,在已发现的引起遗传病的所有突变类型中,至少有 15% 是属于剪接缺陷型点突变[7],这些突变产生的异常剪接都可能用反义 RNA 进行修饰. 另外合适的反义 RNA 还可以通过重新激活剪接突变的抑癌基因达到治疗某些肿瘤的效果. 因此,反义核酸修饰剪接途径的方法有着广泛的应用前景.

致谢 本工作为上海生命科学研究中心基金资助项目.

参 考 文 献

1 Huang S Z, Zhou X D, Zhu H, et al. Detection of β-thalassemia mutations in the Chinese using amplifies DNA from dried blood specimens. Hum Genet, 1990, 84: 129～131
2 Huang S Z, Zeng F Y, Ren Z R, et al. RNA transcripts of the β-thalassemia allele IVS-2-654 C→T: a small amount of normally processed β-globin mRNA is still produced from the mutant gene. Brit J Haemat, 1994, 88: 541～546
3 Sambrook J, Fritsch D F, Maniatis F. Molecular Cloning, 2nd ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989
4 Krainer A R, Maniatis F, Ruskin B, et al. Normal and mutant human β-globin pre-mRNAs are faithfully and efficiently spliced in vitro. Cell, 1984, 36: 993～1 005
5 Huang S Z, Rodgers G R, Zeng F Y, et al. Diagnosis of thalassemia using cDNA amplification of circulating erythroid cell mRNA with the polymerase chain reaction. Blood, 1991, 78: 2 433～2 437
6 Huisman T J H. Frequency of common β-thallassemia alleles among different populations: variabity in clinical severity. Brit J Haemat, 1990, 75: 454～457
7 Dominski Z, Kole R. Restoration of correct splicing in thalassemia pre-mRNA by antisense oligonucleotides. Proc Natl Acad Sci USA, 1993, 90: 8 673～8 677

(1996-06-03 收稿,1996-09-27 收修改稿)

物体表普遍存在着几何非光滑形态,即一定几何形状的结构单元随机地或规律地分布于体表各部位,结构单元的形状有鳞片形、凸包形、凹坑形、波纹形和刚毛形等[6],几何非光滑形态是土壤动物体表不粘土的原因之一[7]. 土壤动物体表具有柔性,并与体表几何非光滑有机结合而形成动态非光滑. 研究土壤动物体表柔性及其几何非光滑的综合作用,有利于对土壤动物体表防粘机理的进一步认识及减粘降阻仿生理论的深入探讨.

1 土壤动物体表柔性特征

土壤动物,特别是生存在粘湿土壤中的动物,因长期与土壤环境的物质、能量及信息交换,形成了稳固的适应系统,体表具有不粘土功能. 田鼠(*Microtus manderinns*)大多栖息于潮湿靠水地带,如洼地、水渠两旁或稻田埂处,挖洞穴居. 田鼠全身披毛,身不粘土,是典型的柔性脱土动物. 田鼠毛由毛干和毛根两部分组成,露于表皮的为毛干,埋于皮下的为毛根,毛根下面膨大部分为毛球,内含毛乳头,围绕于毛根外为毛囊组织,竖毛肌连接毛根和毛囊,田鼠毛干表面具有环纹形鳞片(见图1). 从毛干的根部至梢部,鳞片密度逐渐增大,根部密度为8～10列/100 μm,梢部密度为20～30列/100 μm,具有棱纹形几何非光滑形态,每一环纹形鳞片为一个结构单元,毛干是由这样的结构单元线性组合而成,每两个结构单元之间可产生弯曲变形,对整个毛干而言,当受到外力作用时,将呈现柔性. 田鼠毛的生长方向与其前进方向相反,鼠毛排布使其组合成柔性的非光滑表面,此时,每一根鼠毛成为一个结构单元,全部鼠毛构成了田鼠的柔性体表. 在毛根处,竖毛肌牵拉毛囊和毛根运动,使毛干产生运动或振动.

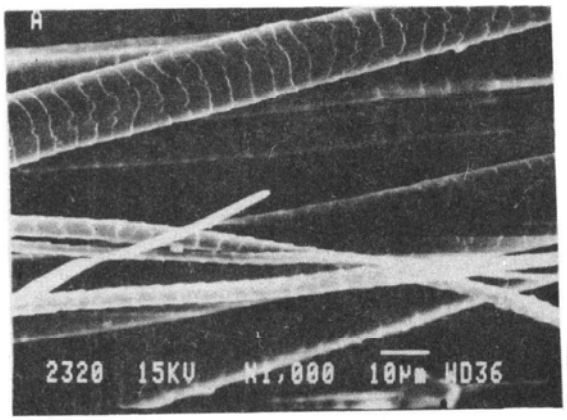


图1 田鼠毛结构(SEM)

根据田鼠毛的上述特征与行为及对其他种类土壤动物体表形态的分析结果[6],土壤动物体表柔性特性归纳如下:(1)在外形结构上,土壤动物的柔性体表,正视为圆形或椭圆形,侧视多呈流线形;(2)柔性体表由几何非光滑结构单元组合而成,各结构单元之间或以韧带或以皮肤柔性地连接着,结构单元本身有刚性的(如穿山甲鳞片)、柔性的(如田鼠毛)或弹性的(如蚯蚓体表);(3)非光滑结构单元之间能产生相对转动、移动或膨胀-收缩.

将土壤动物体表几何非光滑结构单元的相对运动实现的柔性称为土壤动物体表柔性,而把因结构单元的柔性变形产生的动态非光滑称为柔性非光滑,是柔性与几何非光滑相互伴随、互为一体的综合行为.

2 柔性非光滑防粘降阻特性

为了检验柔性非光滑表面的防粘作用,进行了田鼠毛皮与45钢对土壤粘附力的对比试验. 从田鼠活体剥下其毛皮,覆粘在面积为2 860 mm^2 圆木测盘上,并加工相同尺寸的45钢测盘,表面精磨. 试验土壤为白粘土,粘粒含量34%,含水量为45.32%,加压载荷0～60 N,在土壤粘附力测试仪上分别对鼠毛皮和45钢进行了粘附力试验,试验结果见图2. 加压载荷

与粘附力呈线性关系. 与 45 钢相比,鼠毛皮的粘附力可降低 65% 左右.

为了检验柔性非光滑表面的降阻作用,进行了田鼠毛皮与 45 钢对土壤滑动阻力的对比试验. 从田鼠活体剥下其毛皮,覆粘在尺寸为 100 mm×70 mm×10 mm 的木板上,并加工相同尺寸的 45 钢板,表面精磨. 试验土壤同上,法向压力 0～100 N,滑动速度 0.01 m/s,表观滑动接触面积为 7 000 mm^2,鼠毛皮滑动方向与鼠毛生长方向相反,亦即沿着田鼠运动方向. 试验结果见图 3. 与 45 钢相比,鼠皮与土壤的滑动阻力当法向压应力超过 6 kPa 时可降低 20% 左右,且当法向压应力超过 6 kPa 时,滑动阻力变化很小.

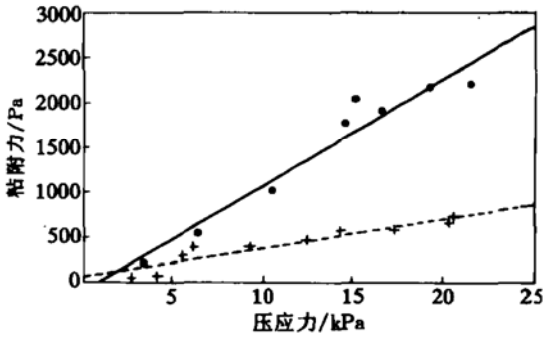


图 2　粘附力与压应力的关系
——为 45 钢,- - - 为田鼠毛皮

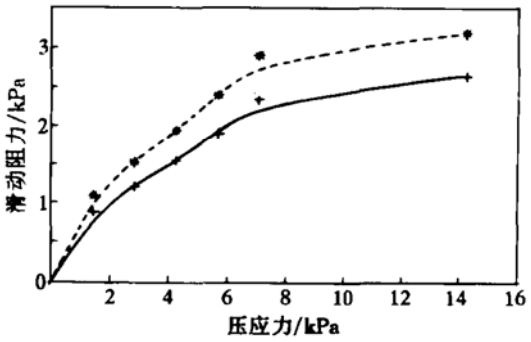


图 3　滑动阻力与压应力的关系
- - - 为 45 钢,——为田鼠毛皮

土壤对固体表面粘附系统中存在法向粘附和切向粘附作用. 在减轻土壤法向粘附或对粘附的土壤脱附方面,非光滑结构单元间的相对转动或移动,造成土壤对柔性非光滑表面无法压实,有效地减少柔性非光滑体表上的任一接触单元与土壤之间的连续接触时间,使粘附界面的粘附强度减弱. 同时,非光滑结构与体表憎水性一起使体表与土壤间易形成复合界面,在体表的波谷处形成空气截流,加之结构单元间的相对转动或移动,使土壤对柔性非光滑体表的粘附程度不同,粘附界面无法形成连续的水膜,降低了土壤的粘附能力. 体表柔性和非光滑的综合作用,导致鼠毛具有良好的防粘性能.

切向粘附构成界面滑动阻力的一部分. 根据 Mohr-Coulomb 定律:$F = CA + N\mathrm{tg}\beta$(式中 F 是土壤与接触界面的滑动阻力,C 是单位接触界面的切向粘附力,A 是界面接触面积,N 是法向压力,β 是土壤与外物材料的摩擦角),当触土表面具有柔性非光滑时,其非光滑性质使界面接触面积 A 减少;鼠毛的憎水性与非光滑结构的综合作用产生润湿滞后,使界面水膜与鼠毛之间形成复合界面,土壤对鼠毛皮的粘附力下降,即 C 值减小;鼠毛的柔性变形对来自土壤的压力有缓冲作用,从能量观点而言,柔性变形将吸收一部分能量,使滑动系统中用于粘附与摩擦的能量减少,在 Mohr-Coulomb 定律中表现为作用在接触界面上的真实法向压力降低,即 N 值减小;鼠毛是生物有机材料,属低能材料,它与土壤的固有摩擦系数低于土壤与钢铁等高能材料的摩擦系数,这表现为 $\mathrm{tg}\beta$ 值减小. 上述各项的综合作用,导致鼠毛皮具有良好的降阻性能.

3　结论

土壤动物体表几何非光滑结构单元的相对运动可实现土壤动物体表柔性,结构单元的柔性变形形成的动态非光滑称为柔性非光滑,它是体表柔性与几何非光滑相互伴随、互为一体的

科 学 通 报
第42卷 第17期 Chinese Science Bulletin 1997年9月

【研究简报】

直流电对 Sn-Pb/Cu 润湿性的影响

王伟民① 边秀房① 常发亮② 秦敬玉① 叶以富①
(①山东工业大学材料科学与工程学院; ②山东工业大学自动化系, 济南 250061)

关键词 直流电 座滴法 Sn-Pb 合金 润湿性

在铸造法制金属基复合材料过程中,金属基体与增强相间相互润湿是一个非常重要的条件. 解决金属液/增强相间润湿性问题的途径主要有物理方法和化学方法两种,施加电流是一种物理方法,与化学涂层、添加合金元素等化学方法相比,它不会给金属液带来成分的变化,或在界面上产生严重的化学反应,使得界面的强度受到破坏;该法与其他物理方法如压力浸渗、搅拌铸造、超声振动相比,将避免气体或氧化膜的混入,而且所需设备简易. 然而,电流对金属液/固相润湿的作用很少有报道. 在金属基复合材料大家族中,金属基体多采用共晶系合金,如 Al-Si, Al-Mg, Fe-C 系等;增强相常用石墨、钨丝、碳纤维等导体材料. 故本文选择典型二元共晶系 Sn-Pb 合金作为金属液,导体纯铜作为固相衬板,用座滴法来研究电流对液固两相润湿过程的影响,本文用 Gouy-Chapman 和 Stern 双电层理论来分析相关现象.

综合行为. 柔性非光滑具有防粘降阻的特性,试验表明,在相同的条件下,与 45 钢相比,鼠毛皮的粘附力降低 65% 左右,鼠毛皮的滑动阻力降低 20% 左右. 土壤动物的柔性非光滑特征和防粘降阻特性的研究,为仿生减粘工程技术的发展,提供了有重要依据的信息. 本文的理论性研究结果,已经用于解决自卸车减粘脱土的疑难问题,且效果很好.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:59675045)资助项目.

参 考 文 献

1 任露泉, 陈德兴, 陈秉聪. 土壤粘附研究概述. 农业工程学报, 1990, 6(1): 1~7
2 Ren Luquan, Wang Yunpeng, Li Jianqiao, et al. Analysis of effect factors of soil adhesion to dump trucks. In: Proc of the 12th Intern Conf of the ISTVS, Beijing, China, 1996, 524~530
3 Ren Luquan, Li Jianqiao, Chen Bingcong. Unsmoothed surface on reducing resistance by bionics. Chinese Science Bulletin, 1995, 40(13): 1 077~1 080
4 Ren Luquan, Tong Jin, Zhang Shujun, et al. Reducing sliding resistance of soil against bulldozing plates by unsmoothed bionics surfaces. Journal of Terramechanics, 1995, 32(6): 303~309
5 Ren Luquan, Cong Qian, et al. The bionic research on the reducing adhesion and scoaring soil of loading shovel by using nonsmooth surface electroosmosis method. In: Proc of the 12th Intern Conf of the ISTVS, Beijing, China, 1996, 661~667
6 Tong Jin, Ren Luquan, Chen Bingcong. Geometrical morphology, chemical constitution and wettability of body surfaces of soil animals. International Agricultural Engineering Journal, 1994, 3(12): 59~68
7 Tong Jin, Ren Luquan, Chen Bingcong, et al. Characteristics of adhesion between soil and solid surfaces. Journal of Terramechanics, 1994, 31(2): 93~105

(1997-05-08 收稿)