

节约能耗的固定道耕作法^①

杜 兵^② 周兴祥

(中国农业大学机械工程学院)

摘 要 介绍了固定道耕作法及其目前的研究情况。利用测力数据采集系统,在免耕和已耕地条件下,对凿形开沟器在压实区和非压实种床区开沟所需水平牵引力和牵引功率进行了同步测量。试验结果表明,在本试验条件下,采用固定道耕作法开沟器所需牵引力可降低 40% 左右。

关键词 固定道耕法; 压实; 保护性耕作

分类号 S 233.1

Energy Saving of Controlled Traffic Tillage

Du Bing Zhou Xingxiang

(College of Machinery Engineering, CAU)

Abstract Controlled traffic tillage and its current research were introduced. Under the conditions of no-tillage and tillage, the traction and the haulage power of openers on the wheeltrack and the non-compacted bed were measured in-step with a portable datalogger. The trial results showed that about 40% of the pulling energy could be conserved by using the controlled traffic tillage method.

Key words controlled traffic tillage; compaction; conservation tillage

1 固定道耕作法

在很多国家,固定道耕作方法是实现持续性农业生产的方法之一。美国、英国、德国等不少发达国家都在对这种耕作方法进行研究^[1~4]。澳大利亚的研究工作走在了世界前列,已取得一定的研究成果^[5]和应用成果^[6],那里的一些大农场使用这种耕作技术已经 7 年多。我国这方面的研究工作才刚刚起步^[7,8]。

固定道耕作系统的主要思想是将拖拉机行走道同作物生长区分离开来,即在田间建立永久性的拖拉机行走道。研究的主要动力机器,包括可自动导向的宽轮距拖拉机和跨度达 12 m 的固定道作业机器。由于固定道的存在,拖拉机可工作的土壤湿度范围增大,机器作业可选择在最佳作业时间进行,这也为提高复种指数提供了可能。

在传统耕作体系中,拖拉机在田间随机行走,造成大面积的土壤压实。如考虑各种作业方式,压实面积累积可达 100%^[9]。因土壤空隙度减小,压实区的作物根系密度比非压实区可减小 52%,根系长度缩短 40%~50%^[10]。采用固定道耕作法改善了土壤环境,作物产量可提高约 10%^[5]。

收稿日期:1998-10-06

①中国澳大利亚农业研究合作项目

②杜 兵,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)46 信箱,100083

免耕法虽然具有许多优点,但土壤表面压实却降低了它的作用,甚至造成免耕地作物减产^[5,11,12]。若将免耕或少耕法同固定道耕作法结合,则可较好地体现免耕、少耕的优点。此外,固定道耕作法加覆盖技术,还可大大减少径流,增加水分的入渗^[7,8,12]。

固定道耕作法除增加拖拉机在不同气候条件下的可作业性外,另一优点是节省能耗和投入。研究表明,同传统耕作法相比,固定道耕作法可节省能耗高达50%^[2,5],因此采用固定道耕作法,可以在保持产量不变或略有提高的情况下,使投入大大减少,取得较好的经济效益。在市场经济高速发展的形势下,固定道耕作法将具有较好的发展前景。此外,固定道耕作法还是精密农业生产技术的基础。笔者通过试验,对采用传统耕作方法因拖拉机行走造成土壤压实所导致的牵引力的消耗进行了测量与分析,并与采用固定道方法进行了比较。

2 试验方法

试验于1996年11月15日在中国农业大学机械工程学院农业机械化系试验田进行。试验土质为壤土。土壤含水率:已耕地,土层深度0~10 cm为16.7%,10~20 cm为17.3%;免耕地,土层深度0~10 cm和10~20 cm均为19.3%。试验用拖拉机为铁牛-55型,整机质量3.35 t;使用凿形开沟器,开沟宽度5 cm。

在机架上安装2个开沟器,1个对准拖拉机轮胎所在位置,1个对准两轮胎之间的播种区,前者在刚刚压过的轮迹上即压实区开沟,后者则在未压实区开沟。用测力数据采集系统对开沟所需牵引力和牵引功率进行同步测量。

测力数据采集系统由掌上型计算机、数据采集器、放大器、力传感器、开沟器套和凿形开沟器组成(图1)。试验前,将掌上型计算机与采集器相联,调用计算机程序向数据采集器发出采集数据的命令,然后将计算机收起,试验结束后再通过计算机将数据采集器里的数据读出。

图1中, L 为转动点距沟底距离,cm,试验中 $L=48$ cm; h 为开沟深度,cm; F_x 为土壤施加在开沟器上的水平合力,N; y 为力作用点距转动点距离,也称开沟深度系数,cm, $y=L-h(1-\phi)$,其中 ϕ 为 F_x 的作用点距地面的距离与 h 之比,其值与土质、土壤含水率、土壤密度和地表状况等因素有关,故很难取得其精确值,本研究中设 $\phi=2/3$ 。

测力数据采集系统的标定:除传感器不同标定曲线可能不同外,土壤水平力作用点的改变也会使标定曲线相应改变。在3个力作用点对传感器1(SQB10332)和传感器2(SQB10959)分别进行标定,结果见表1。可以看出,力的作用点不同,标定曲线的斜率有一定的变化。理论上标定曲线的斜率同水平力作用点位置的关系是直线关系,但因精度和误差等原因,标定结果显示为2次曲线关系。在本试验中 y 的取值范围内,无论按直线或曲线关系进行计算分析,表2中数据的均值比较与方差分析结果基本一致。

传感器2用于测量压实区,相应的计算机读数 r 与 F_x 的换算方程为

$$F_x = (0.0018793y^2 - 0.2041657y + 7.4997686)r \times 9.8$$

同样,将传感器1用于测量非压实区,相应的计算机读数 r 与力 F_x 的换算方程为

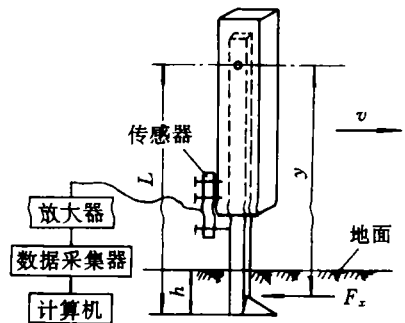


图1 测力数据采集系统简图

$$F_x = (0.001\ 208\ 3y^2 - 0.151\ 372\ 2y + 6.348\ 178\ 7)r \times 9.8$$

表 1 测力数据采集系统曲线标定

传感器 1			传感器 2		
y/cm	标定方程	检验数 R^2	y/cm	标定方程	检验数 R^2
35.0	$F_x = 2.530\ 3r^{\text{①}}$	0.997 1	35.0	$F_x = 2.656\ 1r$	0.997 6
41.5	$F_x = 2.147\ 2r$	0.999 9	41.5	$F_x = 2.263\ 5r$	0.999 7
48.0	$F_x = 1.866\ 2r$	0.997 1	48.0	$F_x = 2.029\ 7r$	0.999 9

① r 为计算机读数。

3 试验结果与分析

试验测试计算结果见表 2。

表 2 拖拉机轮胎压实区与非压实区开沟器受力状况

耕作区	h/cm	y/cm	土壤条件	$v = 1.2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$		$v = 0$	
				\bar{F}_x/N	均值显著性 差异置信度/%	\bar{F}_x/N	均值显著性 差异置信度/%
免耕区	10.0	44.667	压实	1 688.30	100	498.246	100
			非压实	1 285.50			
	8.5	45.167	压实	1 299.40	97	244.847	100
			非压实	781.11			
	7.0	45.667	压实	1 148.40	96	146.913	100
			非压实	909.48			
	5.5	46.167	压实	927.29	100	407.599	100
			非压实	647.95			
传统耕作区	5.5	46.167	压实	1 001.50	100	434.772	100
			非压实	690.85			

说明:表中数据经成对 t 检验法处理。

在本试验的开沟深度范围内, ϕ 对开沟器深度系数 y 的影响不大。

在免耕条件下,对于 4 种不同开沟深度,单个开沟器在压实区所需牵引力分别比非压实区增加 43%, 26%, 66% 和 31%, 平均增加约 40% (置信度 98.9%)。这说明,固定道耕作法在节省能耗方面具有很大的潜力。在已耕地条件下,开沟深度为 5.5 cm 时,单个开沟器在压实区所需牵引力比非压实区增加 45%。

开沟器所需牵引力在压实区较非压实区有所增加,但开沟深度对牵引力增加的影响不明显,其原因可能是土质不均匀。

试验过程中,为清理开沟器前堆积的残茬,拖拉机暂停作业(开沟器仍位于土壤中),数据采集器记录下了此时土壤作用在开沟器上的力(表 2),即当速度为零时,压实区土壤施加在开沟器上的力远远大于非压实区:在免耕区 5.5, 7.0 和 8.5 cm 深度范围内,前者比后者依次增加 103%, 203% 和 184%;在传统耕作区 5.5 cm 深度范围内,前者比后者增加 187%。

试验中所用数据采集系统,使用方便,在测试过程中可随时将采集数据读出,进行检查。该系统的缺点是,数据采集器固定每 10 s 采集 1 次(采集器将对 10 s 内的数值积分求平均值),时间间隔稍大。从试验结果可以看出,同一开沟深度下,所测力的数值波动较大,这一方面说明

土壤结构的差异和播深的变化,另一方面说明测力读数的间隔还应缩短,以便于数据处理,使结果更加精确。

4 结 论

试验结果表明,在本试验环境下,无论在免耕还是在已耕地条件下,采用固定道耕作法,消耗在开沟破土上的能量可减少40%左右,这说明固定道耕作法在节约能耗、降低投入方面,具有很大的潜力。

参 考 文 献

- 1 Cooper A W, Trowse Jr A C, Dumas W T. Controlled traffic in row crop production. In: Proceedings of 7th International Congress on Agricultural Engineering. Baden-Baden: Sect II, 1~6
- 2 Chamen W C T, Vermeulen G D, Campbell D J, et al. Reduction of traffic-induced soil compaction by using low ground pressure vehicles, conservation tillage and zero traffic systems: Tillage and traffic in crop production. In: Proceedings of the 11th International Conference of the International Soil and Tillage Research Organization. Edinburgh, 1988. 227~232
- 3 Raper R L, Reeves D W, Burt E C, et al. Conservation tillage and traffic effects on soil condition. Trans of the ASAE, 1994,37(3):763~768
- 4 Lamers J G, Perdok U D, Lumkes L M, et al. Controlled traffic farming systems in the Netherlands. Soil and Tillage Research, 1986,8:65~76
- 5 Tullberg J N. Controlled traffic in Australia. In: Proceedings of National Controlled Traffic Conference. Gatton: Queensland University Gatton College, 1995. 7~11
- 6 Chapman W, Spackman G B, Yule D F, et al. Controlled traffic development on dryland broadacre farms in central Queensland. Proceedings of National Controlled Traffic Conference. Gatton: Queensland University Gatton College, 1995. 115~122
- 7 杜 兵,廖植樨,邓 健,等.用人工降雨研究玉米地保护性耕作措施和压实对水分保护的影响.中国农业大学学报,1996,1(增刊):63~67
- 8 杜 兵,廖植樨,邓 健,等.用人工降雨研究小麦地保护性耕作措施和压实对水分保护的影响.中国农业大学学报,1997,2(6):43~48
- 9 Tullberg J N. Why control field traffic. In: Proceedings of Queensland Department of Primary Industries Soil Compaction Workshop. Toowoomba: Queensland University, 1990. 4~6
- 10 Hilfiker R E, Lowery B. Effect of conservation tillage systems on corn root growth. Soil and Tillage Research, 1988,12(3):269~283
- 11 Hargrove W L, Hardcastle W S. Conservation tillage practices for winter wheat production in the Appalachian Piedmont. J of Soil and Water Conservation, 1984,39(5):324~326
- 12 Ziebarth P D, Tullberg J N. Wheeltrack compaction effects on runoff, infiltration and crop yield. In: Proceedings of National Controlled Traffic Conference. Gatton: Queensland University Gatton College, 1995. 103~108