

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.06.007

1GH-3型行间耕整机设计与试验*

贾洪雷¹ 王刚¹ 姜铁军¹ 刘晖² 庄维林¹

(1. 吉林大学工程仿生教育部重点实验室, 长春 130025; 2. 长春市信息中心, 长春 130022)

【摘要】 通过刀片在刀辊上的合理排列及拆装,使行间耕整机实现行间浅旋、垄台碎茬及全幅旋耕3种作业,试验表明机具3种状态作业质量均满足农艺要求。通过行间浅旋作业时拖拉机行走轮对土壤压实试验测定结果表明:压实对0~10 cm土层土壤容积密度影响显著,在机组前进速度为0.50、0.65和0.92 m/s情况下,压实比未压实土壤容积密度分别增加8.5%、7.0%和6.2%,而对10~20 cm土层土壤容积密度影响不显著;压实使刀片切土时扭矩也有所增加,但扭矩增加不显著。

关键词: 行间耕整机 结构 性能 压实 设计试验

中图分类号: S222.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)06-0035-07

Design and Experiment of 1GH-3 Inter-row Tillage Machine

Jia Honglei¹ Wang Gang¹ Jiang Tiejun¹ Liu Hui² Zhuang Weilin¹

(1. Key Laboratory of Bionic Engineering, Ministry of Education, Jilin University, Changchun 130025, China

2. Center of Information of Changchun, Changchun 130022, China)

Abstract

An inter-row tillage machine was developed with standing stubble. Tillage operations were performed in the ridges and furrows alternately which can be used for inter-row shallow-tillage, ridge stubble-breaking or full-width tillage operation through the rational arrangement of blades on the rotor and disassembling in the blades, or one machine for three purposes. The experiments showed that this machine met all the agrotechnical requirements in the three operational states. The determination results of soil compaction caused by the tractor tyres in the inter-row shallow-tillage operation showed that soil compaction had a significant effect on the soil bulk density at the depth of 0~10 cm. The soil bulk density increased by 8.5%, 7.0% and 6.2% when the machine traveled at speeds of 0.50 m/s, 0.65 m/s and 0.92 m/s, respectively. Soil compaction had little effect on the soil bulk density at the depth of 10~20 cm. Soil compaction also caused an increase in the torque of the blade when cutting the soil, but the increase in torque was not significant.

Key words Inter-row tillage machine, Structure, Performance, Compaction, Design experiment

引言

我国东北垄作地区耕地由于垦殖时间长、耕地比重大、林草覆盖率低,加之人为与自然因素影响水土流失日趋严重。从秋收后10月下旬到第二年5月下旬,耕地基本处于裸露状态,加之春风大,风蚀严重;降雨集中在夏季(70%以上),经常以暴雨形

式出现,水蚀严重,这一切是造成黑土地水土流失的基本原因。黑土层已从原来的60~80 cm,降至现在的20~30 cm,有机质含量从原始的7%~10%,降至目前的2%~3%,有的地方已“露黄”^[1-5]。黑土区气候寒冷,秋后还田的秸秆来年春天来不及腐烂,影响春播,所以秋后留高茬(30~50 cm)越冬,在种植下茬作物后原茬仍保留不动,已是黑土区推

收稿日期: 2011-12-28 修回日期: 2012-03-13

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD20B09、2011BAD16B10-3)和吉林省科技发展计划资助项目(20100202)

作者简介: 贾洪雷,教授,博士生导师,主要从事全程机械化与保护性耕作理论与技术研究,E-mail: jiah1@vip.163.com

广保护性耕作的主要形式。黑土区留高茬保护性耕作模式^[6-8]有:玉米立茬覆盖等行距沟台(行间)互作交替休闲种植模式、玉米宽窄行交替休闲种植模式及玉米垄台和垄侧(邦)交替休闲种植模式。

玉米立茬覆盖等行距沟台(行间)互作交替休闲种植模式,要求上一年玉米根茬留在地表不动,在两留茬行之间进行播种,使种行与留茬行每年交换一次,交替种植。传统的耕整机不能适应沟台互作交替休闲种植模式,为此本文设计行间耕整机。

1 耕作工艺和耕整机结构特点

1.1 耕作工艺

采用玉米立茬覆盖等行距沟台(行间)互作交替休闲种植模式耕作方式耕后地表如图 1 所示。

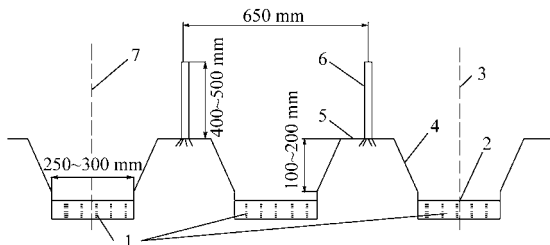


图 1 行间耕整后地表示意图

Fig.1 Schematic diagram of surface after inter-row tillage

1. 种床 2. 垄沟 3. 拖拉机行走轮 4. 垄侧(邦) 5. 垄台
6. 高留茬 7. 拖拉机行走轮

机具配套 29.4~47.8 kW 的拖拉机跨两垄作业(图 1),作业时对 3 个垄沟进行浅旋,而垄台不耕,茬子保留不动。垄沟浅旋形成的种床宽度为 250~300 mm,旋耕深度应保证达到沟底最低处,两侧垄邦的土耕到较多,能将种床铺满,供播种用。留茬沟台应尽量减少动土,减少失墒。如果是平作进行行间互作,耕深也要控制在 70 mm 以内。即垄台留茬,垄沟浅耕。

垄沟(行间)种植年度,秋后收获也要留高茬,而垄台原有的根茬已自然风化腐烂还田,下年春天在垄台处耕作准备种床,这样周而复始的进行耕作,形成了新的耕作工艺。

1.2 整机结构

机具主要由机架、主变速箱、侧变速箱、刀辊等组成,如图 2 所示。

为提高机具的通用性,机具除可完成行间耕整(浅旋)作业的特殊任务外,还可完成碎茬及全幅旋耕作业,这样机具仍要设有变速机构,以使刀辊满足碎茬及旋耕的不同转速要求。因需要对拖拉机中心线处的垄沟(行间)进行旋耕作业,所以该机具不能采用中间传动形式(该传动形式,刀辊中间位置断开无法安装刀片),而应采用侧传动的形式,使刀辊

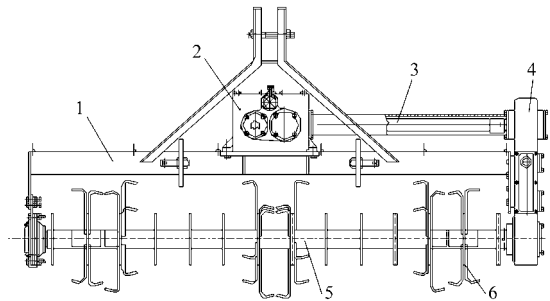


图 2 1GH-3 行间耕整机整机示意图

Fig.2 Schematic diagram of 1GH-3 inter-row tillage machine

1. 机架 2. 主变速箱 3. 传动轴 4. 侧变速箱 5. 刀辊 6. 仿生通用刀片

在所需的任何横向位置都可安装刀片。机具主要技术参数见表 1。

表 1 1GH-3 型行间耕整机主要技术参数
Tab.1 Major technical parameters of 1GH-3 inter-row tillage machine

参数	数值
配套动力/kW	29.4~47.8
行距/mm	650(600~700)
行间耕整作业行数	3
碎茬作业行数	2
全幅旋耕/mm	1 835
动力来源	拖拉机后动力输出轴
传动形式	主变速+侧传动
刀辊形式	通用刀轴与刀盘
浅旋刀辊转速/ $r\cdot\min^{-1}$	237
旋耕刀辊转速/ $r\cdot\min^{-1}$	237
碎茬刀辊转速/ $r\cdot\min^{-1}$	445
耕作刀片型式	仿生通用刀片
刀辊回转半径/mm	250
刀盘间距/mm	130

2 通用刀辊设计

2.1 3 种作业通用对刀片安装的要求

行间浅旋整地是全幅旋耕的一个特例:它在刀辊上分段安装刀片,耕深很浅(仅 40~70 mm),刀辊转速与全幅旋耕相同(均为 200 r/min 左右),耕作刀片亦可通用。这样 3 种作业通用的问题就可简化为旋耕碎茬作业通用^[9]。行间浅旋时,只在对应垄沟作业处安装刀片,而其他处(特别是对应留茬的垄台处)不安装,而垄台碎茬时在垄台处必须安装刀片,且采用碎茬转速(400 r/min 左右)作业;全幅旋耕时则各刀盘均安装刀片。

通用刀辊上采用刀盘结构^[9-10],刀盘上安装通用刀片^[11]。因为行间浅旋与垄台碎茬均要考虑对

垄(行)作业,这样刀盘间距为^[10]

$$P = L/5 \quad (1)$$

式中 L ——垄距(行距),mm

该设计选择 $P = 130$ mm,适应 650 mm (600 ~ 700 mm) 垄距作业需要(图3)。

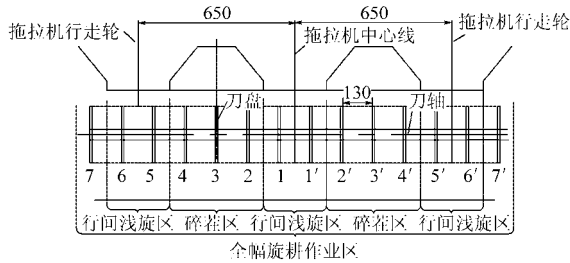


图3 3种作业通用作业区域示意图

Fig.3 Schematic diagram of operational area for three different working states

行间耕整(浅旋)作业时,仅在刀盘1、1'、5、6、5'、6'上安装刀片(图3)。垄台碎茬时在刀盘2、3、4及2'、3'、4'上安装刀片即可;全幅旋耕时,14个刀盘上应全部安装刀片。

以上分析可见,该机具采用14个刀盘,刀盘间距130 mm,在刀盘上安装仿生旋耕碎茬通用刀片,通过变速箱变速实现行间浅旋、垄台(行上)碎茬和全幅旋耕。

2.2 碎茬小区内刀片数量的确定

为了保证玉米茬碎茬作业质量,刀辊设计中要考虑两点,一要有足够大的打茬速度,二要有足够小的切土节距。

(1)打茬速度 v_x ^[10,12]

它是刀端切削速度(绝对速度)的水平分量,应保证

$$v_x = \frac{\pi n}{30} (R - H) - v_m \geq 5.5 \text{ m/s} \quad (2)$$

式中 v_m ——机组前进速度,m/s

n ——刀辊转速,r/min

R ——刀辊(刀端)回转半径,m

H ——碎茬深度,m

R 一般在0.24~0.28 m,本设计选 $R = 0.25$ m, H 一般在0.06~0.1 m (60~100 mm),按最不利的条件,选 $H = 0.1$ m, v_m 选1 m/s,这样 $n \geq 414$ r/min,设计中, $n = 445$ r/min, $v_x = 5.91 > 5.5$,打茬速度足够,可保证将坚硬的玉米茬(特别是五股叉)击碎。

(2)切土节距 S 及碎茬小区内刀片数 Z

为了保证碎茬质量且不漏耕^[10,12],应保证 $S \leq 5$ cm,即

$$S = \frac{v_m 60}{Zn} \leq 5 \text{ cm} \quad (3)$$

解得 $Z \geq 2.7$,选 $Z = 3$,此时 $S = 4.49 < 5$ 。

耕作刀片采用仿生旋耕碎茬通用刀片^[13~14]。

2.3 刀片在刀辊上的排列

合理的刀片排列,应保证尽量减少刀辊的冲击振动,尽量减小(甚至完全抵消)轴向力,使机具作业平稳,并且保证作业质量。

将整个刀辊分为均等的右半刀辊及左半刀辊,每半个刀辊上刀盘数 $m = 7$, t 为该刀辊每个刀盘上同向刀(左弯刀或右弯刀)数量,它等于每个切削小区刀片数量,即 $t = Z = 3$,右(或左)半刀辊上刀片总数为 N ,则

$$N = 2tm = 2 \times 3 \times 7 = 42 \quad (4)$$

以刀盘数为横坐标,半刀辊上总刀片数为纵坐标,以任一条螺旋线的起始位置为坐标原点 O ,作展开图,设第 i 条螺旋线上的第 j 把刀片坐标为 $(X_{i,j}, Y_{i,j})$,其中 $i = 1, 2, \dots, 2t$; $j = 1, 2, \dots, m$,则得排列方程

$$\begin{cases} X_{1,j} = j = 1, 2, \dots, m \\ Y_{1,j} = 2(X_{1,j} - 1) \end{cases} \quad (i = 1) \\ \begin{cases} X_{i,j} = j = 1, 2, \dots, m \\ Y_{i,j} = 2(X_{i,j} - 1) + Y_{i-2,m} + 2 \end{cases} \quad (2 \leq i \leq 2t-1) \\ \begin{cases} X_{2t,j} = j = 1, 2, \dots, (m-1)/2 \\ Y_{2t,j} = 2(X_{2t,j} - 1) + Y_{i-2,m} + 2 \end{cases} \quad (i = 2t) \\ \begin{cases} X_{2t,j} = j = (m+1)/2, \dots, m \\ Y_{2t,j} = 2[X_{2t,j} - (m+1)/2] + 1 \end{cases} \quad (i = 2t) \end{cases} \quad (5)$$

具体排列过程如下(图4):

(1)为使轴向力完全抵消,右半刀辊及左半刀辊初始角相同,但要保证右半刀辊最左侧刀盘上的左弯刀与左半刀辊最右侧刀盘上的右弯刀之间留有不大于5 mm 间隙,故这两个刀盘间距应为145 mm,以防相对应位置两刀盘上左、右弯刀相互干涉。该两个刀盘为右半刀辊及左半刀辊展开图上的横坐标的起始位置。

此处相继入土的两个刀片之间的相位角

$$\theta = \frac{360^\circ}{N} = \frac{360^\circ}{42} = 8.5^\circ$$

(2)以右半刀辊为例,从坐标原点(1,0)开始做第1条螺旋线,此处排第1把刀 $X_{1,1}, Y_{1,1}$,坐标为(1,0)亦即(1,42),然后在第2个刀盘上,纵坐标向上移两格(相位角 2θ)排第2把刀 $X_{1,2}, Y_{1,2}$,坐标为(2,2),同理在3~7个刀盘上排出各自的刀片, $X_{1,7}, Y_{1,7}$ 的坐标为(7,12)。排左刀。其升角为

$$\tan \lambda = \frac{tmp}{2\pi R} = \frac{3 \times 7 \times 0.13}{2 \times 3.14 \times 0.25} = 1.1592 \quad (6)$$

$$\lambda = 49^\circ 12'$$

(3)作第 $2t(6)$ 条螺旋线后半段。其第 1 把刀坐标为 $(4,1)$, 下一把刀坐标 $(5,3)$, 最后一把刀为 $(7,7)$ 。排与相邻的第 1 条螺旋线相反的刀片(右刀)。

(4)第 2 条螺旋线与第 $2t$ 条有关,其初始点横坐标为 1,而纵坐标则

$$y_{2,1} = 2(x_{2,1} - 1) + y_{2t,7} + 2 = 2(x_{2,1} - 1) + y_{6,7} + 2 = 9$$

其坐标为 $(1,9)$,该线上其他刀片可依步骤(2)中方法排出,最后一把刀坐标为 $(7,21)$ 。

(5)同理,可通过第 1 条螺旋线最后 1 把刀位置确定第 3 条螺旋线第 1 把刀的位置,通过第 2 条螺旋线找到第 4 条螺旋线的初始位置等等。且可补上第 6 条螺旋线的前半段,至此右半刀辊展开图绘出。

(6)同理左半刀辊可对称绘出(升角相同,旋向相反,相对位置刀片亦反向),第 1 条螺旋线排右刀。

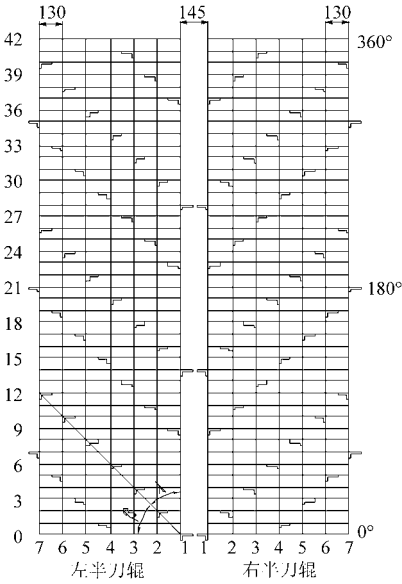


图 4 1GH-3 行间耕整机刀辊的刀片排列展开图

Fig. 4 Arrangement of blades on rotor of 1GH-3 inter-row tillage machine

从展开图中可见,机具进行行间浅旋作业时,共有 3 组共 6 个刀盘上安装刀片,中间一组是分别在左半刀辊及右半刀辊的第 1 个刀盘上安装刀片,左(右)边一组是在左(右)半刀辊的 5、6 刀盘上安装刀片,显而易见,作业中轴向刀很好地得到了平衡。全幅旋耕、垄台碎茬均可较好地平衡轴向力。

3 性能试验

机具的行间浅旋(耕整)试验测定于 2009 年 10 月 15 日~17 日,在吉林农业大学农场进行。

试验地状况:前茬作物为玉米,垄距为 660 mm,土质为黑壤土,土壤含水率:0~10 cm 为 13.77%,

10~20 cm 为 15.81%,土壤坚实度:10 cm 处 1.23 MPa,20 cm 处 3.31 MPa。配套动力为 TN-650 型拖拉机。

3.1 试验方法

试验方案参照 GB/T 5668—2008 中有关方法进行,2 个工况(机组前进速度 0.50、0.65 m/s),每个工况 3 个行程。

(1)耕深测定:采用垄沟处耕前、耕后差值法^[15]进行,如图 5 所示,耕前测得某处为 h_0 ,耕后扒开虚土测得为 h_1 ,耕深 $a = h_1 - h_0$ 。每行程总测点数大于等于 20。

(2)耕宽测定:如图 5 所示,测得耕后沟底宽度为 b ,为该组刀片的耕宽,测点数与耕深相对应。

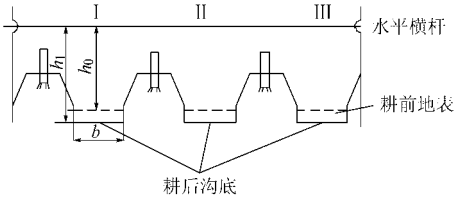


图 5 耕深、耕宽测定示意图

Fig. 5 Schematic diagram of tillage depth and tillage width

(3)行间浅旋碎土率:取样范围在长度为 0.5 m 区域内全耕层的土块最大长度小于 4 cm 的土块质量与总质量的百分比。每行程在 3 个垄沟各测一点。

3.2 结果与分析

试验结果如表 2 所示。

留茬沟台交替保护性耕作模式要求尽量少动土,以减少失墒,1GH-3 型行间耕整机为满足上述要求,耕深应在 7 cm 左右,耕深稳定系数在 90% 以上。耕宽为 29 cm 左右(垄距 66 cm),以避免旋耕时破坏垄台上保留的根茬。碎土率达到 89% 以上。性能试验表明,各项指标满足国标 GB/T 5668—2008 的要求。

3 行行间旋耕作业,其中拖拉机轮胎压在边上两行,而中间一行未被压实,由碎土率数据可知,经过拖拉机轮胎压实后的旋耕碎土率反而高于未压实地带,这是由于作业耕深较浅,土块都集中在地表附近,拖拉机轮胎的压实直接将地表的一些土块碾碎,所以导致了经拖拉机轮胎压实后的碎土质量更高。

按 JB/T 8401.3—2001 及 GB/T 5668—2008 标准要求,对机具进行碎茬及全幅旋耕试验及测定,性能均达到了相应的标准要求。

4 压实试验

试验于 2009 年 10 月下旬在吉林农业大学农场进行。试验地为玉米茬垄地,垄距为 661 mm,垄高

表 2 行间浅旋试验结果

Tab. 2 Test results of shallow-tillage operation

	作业项目		行程 1	行程 2	行程 3	平均值
耕 深	平均值/cm	工况 1	7. 0	6. 8	6. 7	6. 8
		工况 2	6. 9	7. 3	7. 1	7. 1
	稳定性系数/%	工况 1	92. 34	91. 63	91. 71	91. 89
		工况 2	91. 45	90. 58	90. 25	90. 76
单组耕宽	平均值/cm	工况 1	29. 7	29. 5	28. 9	29. 4
		工况 2	29. 5	29. 8	29. 2	29. 5
	稳定性系数/%	工况 1	97. 78	98. 32	98. 17	98. 09
		工况 2	97. 42	97. 56	98. 02	97. 67
碎土率/%	工况 1	压实	92. 31	95. 05	95. 36	94. 24
		未压实	90. 66	88. 39	90. 15	89. 73
	工况 2	压实	91. 63	90. 54	93. 56	91. 91
		未压实	87. 53	85. 43	88. 76	87. 24

为 113 mm,土壤含水率:0 ~ 10 cm 为 12. 04%, 10 ~ 20 cm 为 14. 10%;土壤坚实度:10 cm 处 1. 98 MPa, 20 cm 处 2. 53 MPa。

4.1 试验方法

选择机具不同前进速度 0. 50、0. 65、0. 92 m/s (分别为工况 1、2、3)测定土壤压实及不压实情况下,土壤容积密度的变化及刀片切削土壤时功率消耗的差异。每种情况的试验重复 5 次。

(1)压实对土壤容积密度的影响

机具不作业拖拉机空驶后,用环刀取样法进行测定。在拖拉机行走轮压过的Ⅰ、Ⅲ两垄沟内取样处理为压实后的测定值,再与Ⅱ垄沟处未压实取样的土壤进行比较(图 5)。土壤容积密度为

$$R = \frac{W_H}{V_H(1 + H_t)} \tag{7}$$

式中 W_H ——取样时环刀内土壤质量(湿重),g
 H_t ——土壤干基含水率,%
 V_H ——环刀取样的容积,cm³

(2)压实对功耗的影响^[16]

机具作业时,发动机功率大部分用来驱动刀辊作业,因此功率消耗可测定拖拉机动力输出轴扭矩。扭矩测试采用电测法。将扭矩测试系统中扭矩传感器连接在拖拉机动力输出轴联接的万向节与耕整机变速箱动力输入轴之间,联接的方法是将粘贴有电阻应变片的待测轴(为测扭矩特殊加工的一根轴)安装在集流环内。

试验时,对应作业为 3 行。刀辊上工作刀片为 3 组(图 3 及图 5),试验时先测 3 组刀片都装上时的扭矩 M_1 ,再测只装Ⅰ、Ⅲ组刀片时的扭矩 M_2 。则 $M_2/2$ 为Ⅰ或Ⅲ组压过地表的扭矩,而 $M_1 - M_2$ 为Ⅱ

组刀片(未被压过地表)的扭矩,将 $M_2/2$ 与 $M_1 - M_2$ 值进行比较即得压实对功耗的影响。

4.2 压实对土壤容积密度影响试验结果

测得的 0 ~ 10 cm 土层 4 组土壤容积密度及方差分析见表 3。

表 3 0 ~ 10 cm 土壤容积密度测定数据及方差分析

Tab. 3 Variance analysis of measured data of soil bulk density at 0 ~ 10 cm depth

试验 次数	对照 (未压实)	工况 1 (压实)	工况 2 (压实)	工况 3 (压实)		
1	1. 26	1. 36	1. 37	1. 36		
2	1. 31	1. 42	1. 4	1. 38		
3	1. 24	1. 41	1. 37	1. 33		
4	1. 34	1. 39	1. 42	1. 40		
5	1. 30	1. 40	1. 34	1. 37		
Σ	6. 45	6. 98	6. 9	6. 84		
$\bar{X}$	1. 29	1. 40	1. 38	1. 37		
$D(X)$	0. 001 6	0. 000 53	0. 000 95	0. 000 67		
差异源	SS	df	MS	F	P	F_{crit}
组间	0. 033 255	3	0. 011 085	11. 824	0. 000 248	5. 292 214
组内	0. 015 000	16	0. 000 937			
总计	0. 048 255	19				

从表 3 可见, $F = 11. 824$,而, $F_{\alpha=0. 01}(3, 16) = 5. 29, F > F_{\alpha=0. 01}(3, 16)$ 表明,经过拖拉机压实后引起 0 ~ 10 cm 土层土壤容积密度变化是显著的,说明上述 4 组数据中至少有两个总体平均数之间有显著性差异,但为了检验不同处理,不同速度压实容积密度变化相对显著性,需要进一步用 q 检验法^[17]进行逐对检验。计算各不同处理土壤容积密度平均值之

间的 q 值,与 q 临界值(括号中数值)进行比较,如表 4 所示。

表 4 不同处理土壤容积密度平均值之间的 q 值与其临界值比较结果

Tab.4 Comparison between q values and it's critical value of average bulk density for different treatments			
	$\bar{X}_0$	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$
$\bar{X}_1$	8.04(5.19)		
$\bar{X}_2$	6.57(4.79)	1.46(4.13)	
$\bar{X}_3$	5.84(4.13)	2.19(4.79)	0.73(4.13)

4 种处理后容积密度分别用 X_0 (对照)、 X_1 (工况 1 压实)、 X_2 (工况 2 压实)、 X_3 (工况 3 压实)表示。

由表 4 可知, X_0 与 X_1 、 X_2 、 X_3 之间有显著差异,而 X_1 、 X_2 、 X_3 之间无显著差异,即 3 种速度的压实均对 0~10 cm 土壤容积密度产生了显著影响,而 3 种速度压实之间的差异不明显。

用同样方法,对 10~20 cm 土层压实情况进行方差分析如表 5 所示。

表 5 10~20 cm 土层土壤容积密度及方差分析
Tab.5 Variance analysis of measured data of soil bulk density at 10~20 cm depth

试验 次数	对照 (未压实)	工况 1 (压实)	工况 2 (压实)	工况 3 (压实)		
1	1.38	1.39	1.38	1.4		
2	1.34	1.43	1.45	1.39		
3	1.42	1.45	1.4	1.44		
4	1.37	1.41	1.44	1.40		
5	1.39	1.52	1.39	1.47		
Σ	6.9	7.2	7.06	7.1		
$\bar{X}$	1.38	1.44	1.41	1.42		
$D(X)$	0.000 85	0.002 5	0.000 97	0.001 15		
差异源	SS	df	MS	F	P	F_{crit}
组间	0.009 34	3	03 003 1132.276 61	0.118 841	5.292 214	
组内	0.021 88	16	03 001 368			
总计	0.031 22	19				

从表 5 可知, $F=2.276\ 61$, $F_{\alpha=0.01}(3,16)=5.292\ 21$, $F < F_{\alpha=0.01}(3,16)$,即经过拖拉机不同速度下对土壤压实后的土壤容积密度测定方差分析可知,引起的 10~20 cm 土层土壤容积密度的变化不显著。

在 0~10 cm 土层内,0.50、0.65、0.92 m/s 3 种速度下压实均对土壤容积密度产生了明显影响,分

别使土壤容积密度增加了 8.5%、7.0% 和 6.2%,这是因为 0~10 cm 表层土壤较松软,初始容积密度较小,压实时与拖拉机轮胎直接接触,故受压实影响较显著。10~20 cm 土层内,初始时容积密度就已达 1.38 g/cm³,土层已较坚实,因此压实对其影响较小。

4.3 压实对功率消耗的影响试验结果

耕深为 70 mm(正处于 0~10 cm 土壤容积密度受压实影响较大的土层),测得 3 种工况下(3 种机组前进速度)压实与未压实扭矩的对比见表 6。

表 6 压实对功率消耗(扭矩)影响对比试验数据
Tab.6 Testing data comparison of soil compaction effect on power consumption(torque) N·m

		试验序号				
		1	2	3	4	5
工况 1	未压实组扭矩	139.5	143.7	138.5	135.1	134.2
	压实组扭矩	141.8	140.3	147.2	146.7	154.5
工况 2	未压实组扭矩	162.8	157.4	166.5	152.1	159.7
	压实组扭矩	168.4	158.3	165.2	161.7	169.4
工况 3	未压实组扭矩	180.1	188.7	191.3	179.2	183.7
	压实组扭矩	193.2	185.9	190.4	193.8	191.2

由表 6 可知,压实后刀片组切削土壤的扭矩相对于未压实的刀片组扭矩有所增加(各种速度下分别增加 5.7%、3.19%、3.4%)。将每一工况下的对比数据进行平均值的或二样本 t 检验,以考察压实前后功率变化的显著性,如表 7 所示。

由 t 检验结果, $P_1=0.122\ 488$, $P_2=0.093\ 62$, $P_3=0.150\ 108$ 均大于显著性水平 $\alpha=0.05$,因此表明压实后扭矩增加不显著。

5 结论

(1)1GH-3 型行间耕整机可完成行间(垄沟)浅旋准备种床的作业,为立茬覆盖等行距行间交替休闲保护性耕作模式提供了新型机具。同时通过仿生旋耕碎茬通用刀片在刀辊上的合理排列及不同形式的拆装,可使机具分别完成行间浅旋、垄台碎茬及全幅旋耕作业,实现一机三用。经过田间性能测定及大面积生产考核,3 种作业均满足当地农艺要求。

(2)在 0~10 cm 土层内,不同速度下拖拉机压实均对土壤容积密度产生明显影响,在 0.50、0.65、0.92 m/s 3 种速度下,分别比未压实土壤增加了 8.5%、7.0% 和 6.2%,但速度变化对压实影响不明显;在 10~20 cm 土层内,方差分析结果显示,3 种速度压实后土壤容积密度变化不显著。

表 7 速度 0.50、0.65、0.92 m/s 下压实对比 *t* 检验结果

Tab.7 *t*-test results of soil compaction at test speed of 0.50 m/s,0.65 m/s and 0.92 m/s

速度 /m·s ⁻¹	未压实/m·s ⁻¹			压实/m·s ⁻¹		
	0.50	0.65	0.92	0.50	0.65	0.92
平均值	138.2	159.7	184.6	146.1	164.6	190.9
方差	14.41	29.725	27.98	31.065	21.485	9.76
观测值	5	5	5	5	5	5
泊松相关系数	-0.858 080	0.518 274	-0.758 380			
假设平均差	0	0	0			
df	4	4	4			
<i>t</i> Stat	-1.953 33	-2.190 69	-1.777 58			
<i>P</i> (<i>T</i> ≤ <i>t</i>) 单尾	0.061 244	0.046 81	0.075 054			
<i>t</i> 单尾临界	2.131 847	2.131 847	2.131 847			
<i>P</i> (<i>T</i> ≤ <i>t</i>) 双尾	0.122 488	0.093 62	0.150 108			
<i>t</i> 双尾临界	2.776 445	2.776 445	2.776 445			

(3)行间浅旋耕深 7 cm 左右,正处于 0 ~ 10 cm 的功耗虽有所增加,但经 *t* 检验结果表明扭矩增加土层内,但压实对刀片功耗(扭矩)比未压实处作业不显著。

参 考 文 献

1 贾洪雷,马成林,李慧珍,等. 基于美国保护性耕作分析的东北黑土区耕地保护[J]. 农业机械学报,2010,41(10):28 ~ 34.
Jia Honglei, Ma Chenglin, Li Huizhen, et al. Tillage soil protection of black soil zone in northeast of China based on analysis of conservation tillage in the United States[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(10): 28 ~ 34. (in Chinese)

2 刘兴土,阎百兴. 东北黑土区水土流失与粮食安全[J]. 中国水土保持,2009(1):17 ~ 19.

3 李发鹏,李景玉,徐宗学. 东北黑土区土壤退化及水土流失研究现状[J]. 水土保持研究,2006,13(3):50 ~ 54.
Li Fapeng, Li Jingyu, Xu Zongxue. The status quo of black soil degradation and water and soil loss in Northeast China[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2006, 13(3): 50 ~ 54. (in Chinese)

4 刘宝元,阎百兴,沈波,等. 东北黑土区农地水土流失现状与综合治理对策[J]. 中国水土保持科学,2008,6(1):1 ~ 8.
Liu Baoyuan, Yan Baixing, Shen Bo, et al. Current status and comprehensive control strategies of soil erosion for cultivated land in the Northeastern black soil area of China[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2008, 6(1): 1 ~ 8. (in Chinese)

5 贾洪雷,马成林,刘昭辰,等. 东北垄作蓄水保墒耕作体系与配套机具[J]. 农业机械学报,2005,36(7):32 ~ 36.
Jia Honglei, Ma Chenglin, Liu Zhaochen, et al. Application of systematic farming technique and its implement for soil water storage and preservation of ridge tilling area in Northeast China[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(7): 32 ~ 36. (in Chinese)

6 郑金玉,罗洋,郑洪兵,等. 关于改进东北春玉米现行耕法的思考[J]. 吉林农业科学,2010,35(4):1 ~ 5.
Zheng Jinyu, Luo Yang, Zheng Hongbing, et al. Considerations on improvement of tillage of maize in Northeast of China[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2010, 35(4): 1 ~ 5. (in Chinese)

7 刘武仁,郑金玉,罗洋,等. 玉米宽窄行种植技术研究[J]. 吉林农业科学,2007,32(2):8 ~ 10,13.
Liu Wuren, Zheng Jinyu, Luo Yang, et al. Aesearch on planting technique with wide/narrow row alternation for maize[J]. Jilin Academy of Agricultural Sciences, 2007, 32(2): 8 ~ 10, 13. (in Chinese)

8 陈巳. 保护性耕作技术与我省技术模式[M]. 吉林省农业委员会. 全省机械化保护性耕作材料汇编,2007:71 ~ 95.

9 贾洪雷,陈忠亮,郭红,等. 旋耕碎茬工作机理研究和通用刀辊的设计[J]. 农业机械学报,2000,31(4):29 ~ 32.
Jia Honglei, Chen Zhongliang, Guo Hong, et al. Study on working principle of rotary tillage and stubble cutting and design of universal knife roller[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2000, 31(4): 29 ~ 32. (in Chinese)

Chinese)

- 3 Takashi Kataoka, Akiko Murakami, Duke M Bulanon, et al. Estimating apple fruit locations for manipulation by apple harvesting robot [C]//IFAC Bio-Robotics, Information Technology and Intelligent Control for Bio-Production Systems 2000; Proceedings of the 2nd IFAC/CIGR International Workshop, 2000.
- 4 Baeten J, Donne K, Boedrij S, et al. Autonomous fruit picking machine: a robotic apple harvester [M]. Christian Laugier, Roland Siegwart. Springer Tracts in Advanced Robotics (STAR): Field and Service Robotics, 2008, 42: 531 ~ 539.
- 5 杨文亮. 苹果采摘机器人机械手结构设计与分析[D]. 镇江:江苏大学,2009.
Yang Wenliang. Design and analysis of apple harvesting robot's manipulator [D]. Zhenjiang: Jiangsu University,2009. (in Chinese)
- 6 赵庆波. 果树采摘机器人控制与避障技术研究[D]. 镇江:江苏大学,2008.
Zhao Qingbo. Research on control and obstacle avoidance technologies of fruit harvesting robot [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2008. (in Chinese)
- 7 张志勇,何东健,张建锋,等. 苹果采摘机器人手臂控制研究[J]. 中国农业大学学报,2008,13(2):78 ~ 82.
Zhang Zhiyong, He Dongjian, Zhang Jianfeng, et al. Research on controlled system of apple picking robot arm[J]. Journal of China Agricultural University,2008,13(2):78 ~ 82. (in Chinese)
- 8 蔡健荣,李玉良,范军,等. 成熟柑橘的图像识别及空间定位研究[J]. 微计算机信息,2007,23(12):224 ~ 225,314.
Cai Jianrong, Li Yuliang, Fan Jun, et al. Image recognition and three-dimensional location of mature oranges from nature scene[J]. Microcomputer Information, 2007,23(12):224 ~ 225, 314. (in Chinese)
- 9 郑小东,赵杰文,刘木华. 基于双目立体视觉的番茄识别与定位技术[J]. 计算机工程,2004,30(22):115 ~ 116,171.
Zheng Xiaodong, Zhao Jiewen, Liu Muhua. Tomatoes recognition and location from nature background based on binocular stereo vision[J]. Computer Engineering, 2004,30(22):115 ~ 116,171. (in Chinese)
- 10 周俊,张高阳,刘锐,等. 基于粒子滤波的苹果采摘机器人目标姿态估算[J]. 农业机械学报,2011,42(3):161 ~ 165.
Zhou Jun, Zhang Gaoyang, Liu Rui, et al. Apple attitude estimation based on particle filter for harvesting robot [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011,42(3):161 ~ 165. (in Chinese)
- 11 谢忠红,徐莹,姬长英,等. 基于机器视觉的苹果生长姿态估算识别多方法融合[J]. 农业机械学报,2011,42(11):155 ~ 157,153.
Xie Zhonghong, Xu Ying, Ji Changying, et al. Estimation method of apple growing attitude based on computer vision [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011,42(11):155 ~ 157,153. (in Chinese)

(上接第 41 页)

- 10 贾洪雷. 东北垄作蓄水保墒耕作技术及其配套的联合少耕机具研究[D]. 长春:吉林大学,2005.
Jia Honglei. Study on ridge cultivation and matching combined minimum tillage implements for soil water storage and preservation in Northeastern China[D]. Changchun: Jilin University, 2005. (in Chinese)
- 11 贾洪雷,汲文峰,韩伟峰,等. 旋耕-碎茬通用刀片结构参数优化试验[J]. 农业机械学报,2009,40(7):45 ~ 50.
Jia Honglei, Ji Wenfeng, Han Weifeng, et al. Optimization experiment of structure parameters of rototilling and stubble breaking universal blade[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2009,40(7):45 ~ 50. (in Chinese)
- 12 贾洪雷,黄东岩,刘晓亮,等. 耕作刀片在刀辊上的多头螺旋线对称排列法[J]. 农业工程学报,2011,27(4):111 ~ 116.
Jia Honglei, Huang Dongyan, Liu Xiaoliang, et al. Symmetrical multi-spiral arrangement of tillage blades on rotor [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(4): 111 ~ 116. (in Chinese)
- 13 韩伟峰. 仿生智能耕地机通用刀辊设计与试验研究[D]. 长春:吉林大学,2008.
Han Weifeng. Design and experimental research of universal knife roller for bionic intelligent soil preparation machine[D]. Changchun: Jilin University, 2008. (in Chinese)
- 14 吉林大学. 仿生旋耕碎茬通用刀片:中国,ZL200610163206. 1[P]. 2009-12-16.
- 15 汲文峰,贾洪雷,佟金,等. 通用刀片功率消耗影响因素分析与田间试验[J]. 农业机械学报,2010,41(2):35 ~ 41.
Ji Wenfeng, Jia Honglei, Tong Jin, et al. Analysis of influencing factors on power consumption and field test of universal blade[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010,41(2):35 ~ 41. (in Chinese)
- 16 庄维林. 行间耕整机通用刀辊设计与试验[D]. 长春:吉林大学,2011.
Zhuang Weilin. Design and experimental research of universal blade rotor for inter-row rototilling machine[D]. Changchun: Jilin University, 2011. (in Chinese)
- 17 李发美. 分析化学[M]. 北京:人民卫生出版社,1986.