

# 3ZCF-7700 型多功能中耕除草机设计与试验

韩豹<sup>1</sup>, 申建英<sup>1</sup>, 李悦梅<sup>2</sup>

(1. 东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省农业机械技术推广总站, 哈尔滨 15000)

**摘要:** 为了解决机械除草过程中作物苗间与秧苗附近杂草较难铲除以及伤苗严重和除净率低等问题, 研制出与大功率拖拉机配套的 3ZCF-7700 型多功能中耕除草机。该机在玉米、大豆等作物的中耕作业过程中能完成侧深施肥、苗间松土除草、起垄、培土和深松等工序的作业。该文论述了 3ZCF-7700 型多功能中耕除草机的结构、工作原理及关键部件的设计, 田间试验结果表明: 用于玉米苗间杂草除净率为 76%, 行间杂草除净率 95.7%, 伤苗率小于 4.4%, 其它各项技术性能指标均符合设计要求。该机可满足旱田作物中耕管理作业的农艺要求。

**关键词:** 农业机械, 设计, 杂草防治, 旱作农业, 苗间松土除草

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.01.019

中图分类号: S224.1<sup>+</sup>3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-01-0124-06

韩豹, 申建英, 李悦梅. 3ZCF-7700 型多功能中耕除草机设计与试验[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 124-129.  
Han Bao, Shen Jianying, Li Yuemei. Design and experiment of 3ZCF-7700 multi-functional weeding-cultivating machine [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(1): 124-129. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

在农作物生长期除净行间(苗带以外或垄侧)与苗间(苗带)杂草是保证高产、稳产不可缺少的有效措施<sup>[1-3]</sup>。机械除草不污染环境, 具有疏松土壤、提高地温、蓄水保墒, 利于作物秧苗生长等优点。因此机械除草在全球旱作农业生产中得到广泛应用<sup>[4-5]</sup>。但是目前国内外机械除草主要用于作物行间除草, 既经济又适用。在苗间杂草防除方面, 国外主要以化学除草为主, 即依靠大型喷药机械进行精确施药消灭苗间杂草<sup>[6]</sup>。如美国 JD886 大型田间管理除草机采用机械方法除掉行间杂草, 而苗间杂草则通过喷施化学药剂来完成。中国在 20 世纪 70 年代开展中耕除草机械的研究, 主要以中小型配套动力为主, 机具功能相对单一, 解决了旱田作物苗前机械除草与行间机械除草问题<sup>[7-8]</sup>。虽然针对苗间机械松土除草部件研究的成果也较多<sup>[9-14]</sup>, 但存在松土除草质量不理想、伤苗率高和效率低等问题。

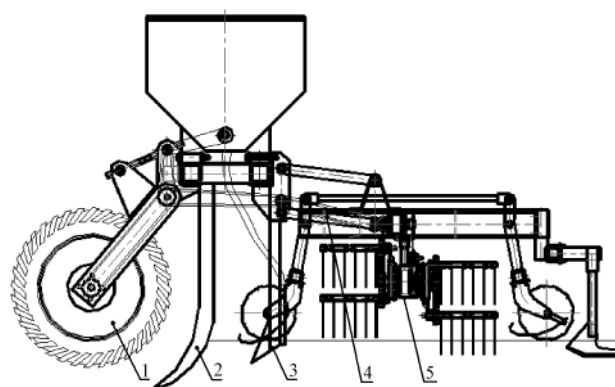
近年来, 随着中国“三农”政策力度的加大, 在北方耕地比较集中连片的粮食产区(如黑龙江垦区)拥有大马力拖拉机的数量逐年增加, 对农业增产增效具有重要作用。但是在田间管理作业环节, 与 118.4 kW 以上拖拉机配套的大型、多功能复式作业的中耕除草机在国内尚处于研发阶段, 而进口产品虽然技术先进、可靠性高, 但存在价位过高、产品品种与功能也不能完全适合中国农艺发展的需求等问题。为此, 东北农业大学通过对田间管理作业环节的成熟技术(中耕追肥、深松、起垄与

培土、行间除草)进行集成和对苗间机械松土除草技术与垄表仿形限深技术的创新研究, 研发出与 114.8 kW 以上拖拉机配套的 3ZCF-7700 型多功能复式作业中耕除草机, 用于玉米、大豆、棉花等作物定苗前苗间与行间松土除草、施肥、深松培土等多项复式作业。玉米中耕除草的田间测试结果表明, 该机各项作业指标均达到设计要求。

## 1 整机结构及工作原理

### 1.1 整机结构及主要技术参数

3ZCF-7700 型多功能中耕除草机是与 118.4 kW 以上轮式拖拉机配套的多功能悬挂式除草机具。其结构如图 1 所示, 主要由机架总成、松土器、施肥系统、传动系统和松土除草单体构成。



1. 机架总成 2. 松土器 3. 施肥系统 4. 传动系统 5. 松土除草单体

图 1 3ZCF-7700 型多功能中耕除草机的结构

Fig.1 Structure of 3ZCF-7700 multi-functional weeding-cultivating machine

该机采用模块结构设计, 共有 11 个中耕除草单体, 每个单体均通过偏心锁紧装置由平行四连杆机构与机架

收稿日期: 2010-03-10

修订日期: 2010-05-25

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(项目编号 2006BAD11A05-06)

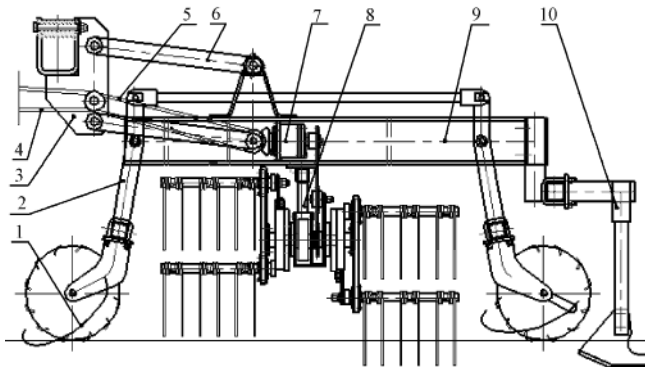
作者简介: 韩豹(1964—), 男, 研究员。研究方向: 农业机械设计与机电一体化研究与教学工作。哈尔滨 东北农业大学工程学院, 150030。

Email: hanbao2004@126.com

后梁挂接，单独仿形，单独传动，传动动力来源于机架上的两个橡胶地轮。根据农艺要求，可组装成中耕除草、中耕追肥、培土、起垄以及深松等作业状态，一次或分次完成苗间与行间松土除草、垄沟深松、垄侧施肥、培土起垄与苗前除草和破板结层等多种功能。

主要设计参数为：配套动力 $\geq 118.4$  kW，作业速度 $6\sim 10$  km/h，作业行数 11 行，行距 $60\sim 70$  cm，最大作业幅宽 $7.7$  m，施肥量 $75\sim 450$  kg/hm<sup>2</sup>，肥箱容积 $4.500$  m<sup>3</sup>，施肥深度 $60\sim 120$  mm，行间除草率 $\geq 95\%$ ，苗间除草率 $\geq 70\%$ ，伤苗率 $\leq 5\%$ ，碎土率 $\geq 80\%$ 。

松土除草单体主要由扁担式垄表仿形机构、单体快速挂接装置、单体传动系统、苗间松土除草部件、单体梁和行间除草铲构成。如图 2 所示。



1. 扶苗器 2. 单体仿形机构 3. 单体快速挂接装置 4. 动力输入链  
5. 单体传动系统 6. 平行四连杆 7. 锥齿轮箱 8. 苗间松土除草部件  
9. 单体主梁 10. 行间除草铲

图 2 松土锄草单体结构

Fig.2 Structure of single-group scarification and weeding mechanism

### 1.2 除草工作原理

3ZCF-7700 型多功能中耕除草机除草作业时，地轮通

过链传动和齿轮传动将动力传递给每个作业单体，驱动苗间松土除草部件前后梳齿盘上的梳齿组件既围绕各自的梳齿盘圆心旋转，又以一定的作业速度前进，由于前后梳齿盘分别位于苗带两侧以相同转速相对向内旋转，前后两组梳齿对垄表苗带交替进行梳理，齿迹叠加构成类似菱形网格（参见图 5），使苗带 $20\sim 40$  mm 厚表土移位或翻转，由于作物扎根相对杂草深，扎根较浅的杂草根系被梳齿破坏或被梳齿抛至垄表与沟中晒枯，完成对作物苗带松土和除草过程。

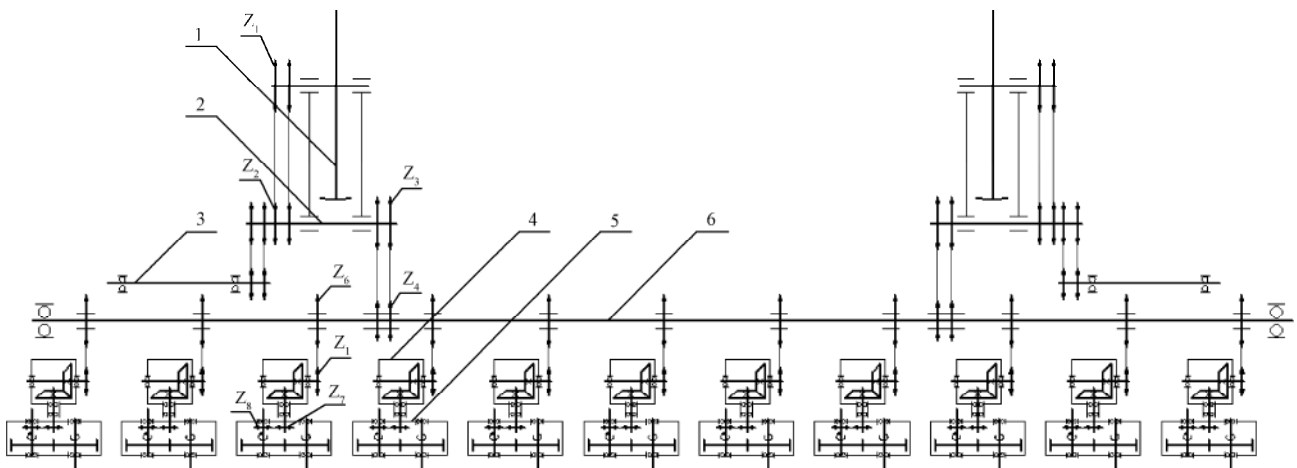
### 1.3 动力传递系统

整机动力由机架上的 2 个 7.5-16 人字形花纹的橡胶地轮驱动。为便于行距调整，整机传动系统由地轮传动系统、单体传动系统和施肥传动系统 3 部分构成。如图 3。传动路线是：地轮通过双排套筒滚子链将动力传递给第一中间轴，然后分成两条传动路线，其一通过双排套筒滚子链将动力由第一中间轴传递给左右肥箱，驱动外槽轮式排肥器工作；其二通过双排套筒滚子链由第一中间轴将动力传给第二中间轴，再通过 11 条单排套筒滚子链分别将动力传到每个单体的一对圆锥齿轮完成传动变比换向，最后再通过链传动将动力传递给位于圆锥齿轮箱正下方的一对圆柱齿轮，实现位于圆柱齿轮箱内的两根输出轴以相同转速、相对向内旋转的传动设计要求。

除草作业传动比

$$i = \frac{z_8 \cdot z_6 \cdot z_4 \cdot z_2}{z_7 \cdot z_5 \cdot z_3 \cdot z_1} = 2.62$$

式中， $z_1$  为橡胶地轮传动主动链轮齿数； $z_2$ 、 $z_3$  分别为第一中间轴从动、主动链轮齿数； $z_4$ 、 $z_5$  分别为第二中间轴从动、主动链轮齿数； $z_6$ 、 $z_7$  分别为圆锥齿轮箱从动、主动链轮齿数； $z_8$  为圆柱齿轮箱从动链轮齿数。



1. 橡胶地轮 2. 第一中间轴 3. 施肥驱动轴 4. 圆锥齿轮箱 5. 圆柱齿轮箱 6. 第二中间轴

图 3 3ZCF-7700 型多功能中耕除草机传动系统

Fig.3 Structure of the driven system of scarification and weeding

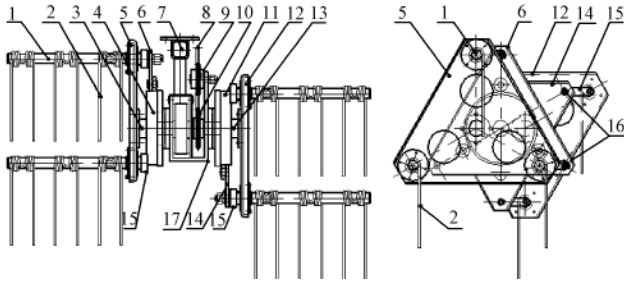
## 2 关键部件及其主要技术参数

### 2.1 苗间松土除草部件

苗间松土除草部件为组合梳齿式结构，是 3ZCF-7700

型多功能中耕除草机的关键部件之一。结构如图 4 所示，主要由圆柱齿轮箱和位于其前后的两套偏心梳齿机构组成；在圆柱齿轮箱体前、后壁外侧面上各安装一个圆形

滑道，其圆心分别位于两输出轴中心距的中点处，从动盘则安装在圆形滑道上并可围绕圆形滑道自由转动，并且在前、后两个从动盘上各均布安装 3 根销轴，前后梳齿盘分别位于从动盘外侧并与圆柱齿轮箱的两根输出轴固定配置，连接板两端分别与梳齿盘上的梳齿轴和从动盘上的销轴固接；如上所述，由梳齿盘、从动盘和连接板各组成前后偏心配置的三组平行四连杆机构，该机构使安装在梳齿轴上的梳齿在作业过程中始终保持直立状态。



1. 梳齿轴 2. 梳齿 3. 前输出轴 4. 前圆形滑道 5. 前梳齿盘 6. 前从动盘 7. 部件连接架 8. 输入链 9. 张紧链轮 10. 从动链轮 11. 后圆形滑道 12. 后梳齿盘 13. 后输出轴 14. 后从动盘 15. 连接板 16. 销轴口 17. 锥齿轮箱

图 4 苗间松土除草部件构成

Fig.4 Structure of scarification and weeding components

2.1.1 梳齿的运动规律

除草作业时，梳齿盘上以半径为  $R$  处安装的每根梳齿既围绕各自梳齿盘轴心以角速度  $\omega$  旋转，同时又以前进速度  $V_m$  沿梳齿盘轴向 ( $x$  轴) 前进，每根梳齿的齿迹线均构成螺旋线，如图 5 所示。其参数方程为

$$\begin{cases} x = V_m t \\ y = R \cos \omega t \\ z = R \sin \omega t \end{cases} \quad (1)$$

式中， $R$  为梳齿组件在梳齿盘上均布半径， $m$ ； $\omega$  为前后梳齿盘旋转角速度， $rad/s$ ； $t$  为时间， $s$ ； $V_m$  为前进（作业）速度， $m/s$ 。

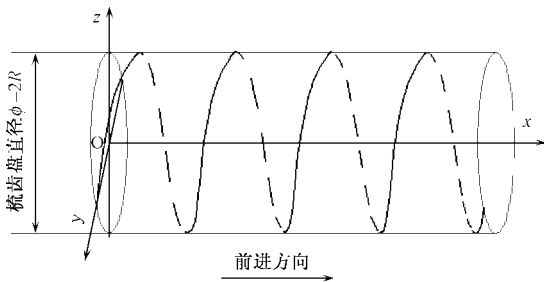


图 5 圆柱螺旋线除草齿运动轨迹

Fig.5 Moving path of weeding tooth of cylinder spiral-line

则该圆柱螺旋线在平行于  $xoy$  平面（地面）上投影方程

$$y = R \cos \frac{\omega}{V_m} x \quad (2)$$

式 (2) 为余弦曲线，由于每组曲线之间存在着平移关系，其相邻两根曲线的相位之差为： $\varphi = 2\pi/N$  ( $N$  为

梳齿总数)，则平移曲线组的参数方程为

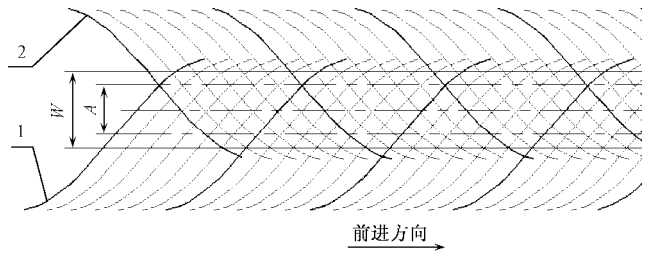
$$\begin{cases} x = V_m t \\ y_k = R \cos(\omega t + k\varphi) \\ z_k = R \sin(\omega t + k\varphi) \end{cases} \quad (3)$$

式中， $k$  为梳齿序号 ( $k \leq N$ )

则有

$$y_k = R \cos \left( \frac{\omega}{V_m} x + k\varphi \right) \quad (4)$$

在除草作业时，前、后梳齿盘转速相同，分别由垄两侧向内进行梳理，则前后梳齿盘上的梳齿在地面上齿迹叠加效果如图 6 所示。



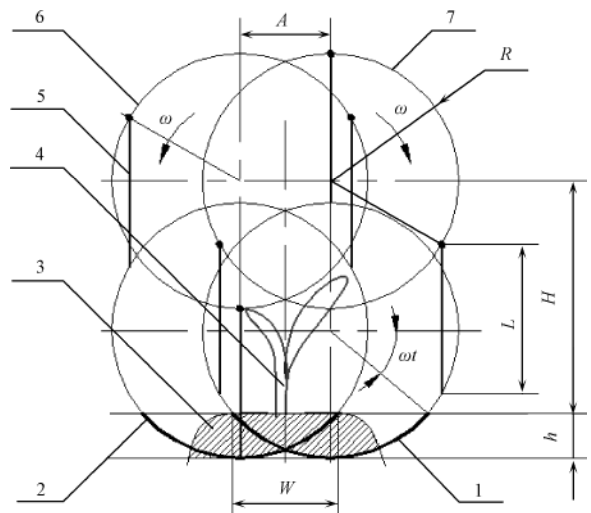
注：1. 为前齿迹线 2. 为后齿迹线 A 为前后梳齿盘偏心距 W 为梳理苗带宽度

图 6 齿迹叠加示意图

Fig.6 Sketch of moving path for weeding tooth

2.1.2 梳齿在梳齿盘上均布半径

如图 7 所示，位于前后梳齿盘半径为  $R$  的圆周上各均布三组梳齿组件。根据旋转梳齿式除草部件的除草机理，梳齿入土深度  $h=30\sim 50\text{ mm}$  为宜，过深容易损伤秧苗根部或挑起秧苗，过浅松土除草效果差；在梳齿入土深度保持不变的情况下，梳理苗带宽度  $W$  越宽，梳齿齿迹在苗带叠加的网格区域越大，苗间松土除草越全面，不易漏梳，但会导致梳齿盘结构过大。



1. 前齿迹线 2. 后齿迹线 3. 垄台 4. 秧苗 5. 梳齿 6. 后梳齿盘 7. 前梳齿盘

注： $L$  为梳齿长度， $H$  为梳齿盘轴心距台面高度， $h$  为梳齿入土深度， $\omega$  为前后梳齿盘旋转角速度， $\omega t$  为梳齿轴围绕梳齿盘轴旋转角度， $R$  为梳齿组件在梳齿盘上均布半径， $A$  为前后梳齿盘偏心距， $W$  为梳理苗带宽度

图 7 松土除草原理图

Fig.7 Schematic of scarification and weeding

试验表明, 若仿形准确、可靠,  $W \geq 120 \text{ mm}$  即可满足苗间松土除草作业要求。

如图 7 所示, 设梳齿长度为  $L \text{ mm}$ , 梳齿盘轴心距台面高度为  $H \text{ mm}$ , 前后梳齿盘轴距  $A=120 \text{ mm}$ , 有下式成立

$$H = L + R \sin \omega t = R + L + h \quad (5)$$

$$W = 2R \cos \omega t - A \quad (6)$$

联立式 (5) 和式 (6) 得

$$R = \frac{h}{2} + \frac{(W + A)^2}{8h} \quad (7)$$

把有关数据代入式 (7) 解得  $R \geq 169 \text{ mm}$ 。

本设计取  $R=170 \text{ mm}$ 。

### 2.1.3 梳齿盘转速

根据文献<sup>[12-14]</sup>和室内试验, 在苗间除草作业过程中, 梳齿入土端的速度  $V = \sqrt{V_m^2 + V_y^2}$ , 在作业速度一定的情况下, 梳齿旋转的线速度  $V_y$  对除草性能和伤苗率 2 个指标影响较大。随着  $V_y$  增大, 梳齿对苗带表土冲击力变大, 除草效果好, 但伤苗率增加,  $V_y$  一般不大于  $4 \text{ m/s}$ , 取  $2.5 \text{ m/s} \leq V_y \leq 4 \text{ m/s}$ 。

又由

$$V_y = R \cdot \omega = \frac{\pi n R}{30} \quad (8)$$

把  $R=0.17 \text{ m}$ 、 $2.5 \text{ m/s} \leq V_y \leq 4 \text{ m/s}$  代入式 (8) 得:  
 $140 \text{ r/min} \leq n \leq 225 \text{ r/min}$

### 2.1.4 梳齿数目

设每组梳齿组件上均布  $a$  根梳齿, 梳齿均布间距为  $b \text{ mm}$ , 按除草作业过程中齿迹不重合、不漏梳的原则, 一根梳齿在沿前进方向单位时间内所走过的距离  $S$  应与该齿的运动轨迹在水平投影面上的投影距离相等。即有下式成立

$$V_m = \frac{abn}{20000} \quad (9)$$

由上式可见, 前进速度与梳齿数目、间距和梳齿盘转速三者成正比。

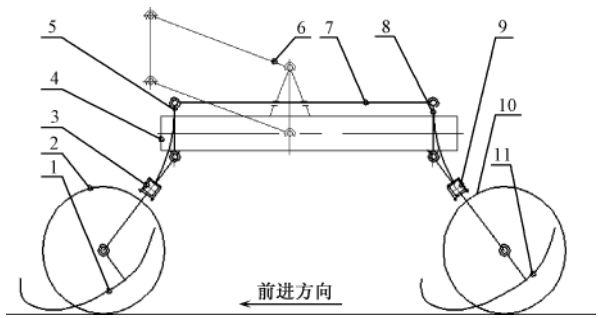
根据农艺要求, 梳齿间距  $b=50 \sim 70 \text{ mm}$  (作业速度快取大值), 把相关数值代入式 (9) 得:  $3 \leq a \leq 8$ , 经试验优化确定每组梳齿组件上梳齿数  $a=6$ ,  $b=50 \text{ mm}$ 。

## 2.2 仿形机构的设计

试验表明: 仿形平稳、准确, 保证梳齿入土深度一致, 是提高除草部件苗间锄草率和降低伤苗率的关键<sup>[8,14]</sup>。目前, 中耕机均采用垄沟仿形, 其优点是仿形轮不伤苗, 机构简单, 不足之处是受垄沟平整度和垄高一致性的影响较大, 仿形精确度较低。该机除草单体采用扁担式垄台仿形机构, 减少了地面局部不平对仿形机构的波动的影响。如图 8 所示。单体梁通过平行四连杆机构限定水平上下移动。

作业时, 沿垄台两侧仿形的前后仿形轮遇到障碍时, 在连杆 7 的作用下, 将同时围绕各自摆杆铰接点  $O_1$ 、 $O_2$  同方向摆动, 使单体梁水平平缓升降。调整连杆 7 改变摆杆与地面的夹角大小还可改变单体梁距地面的高度,

实现梳齿入土深度的调整。另外, 在前后仿形轮上均设有扶苗器, 扶正秧苗, 避免仿形轮压苗。



1. 前扶禾器 2. 前仿形轮 3. 前支架 4. 单体梁 5. 前摆杆 6. 平行四连杆 7. 连杆 8. 后摆杆 9. 后支架 10. 后仿形轮 11. 后扶禾器

图 8 单体仿形机构示意图

Fig.8 Sketch of single-group profiling mechanism

## 3 田间试验与结果分析

### 3.1 试验地条件

2009-07-02, 在黑龙江农垦牡丹江分局八五一零农场八队玉米田间进行松土除草试验。试验地长约  $2000 \text{ m}$ , 垄距  $700 \text{ mm}$ , 垄台平均高  $187 \text{ mm}$ , 垄台顶部平均宽  $226 \text{ mm}$ , 苗带土壤坚实度  $1.08 \times 10^4 \text{ Pa}$ , 垄沟土壤坚实度  $3.43 \times 10^4 \text{ Pa}$ , 土壤绝对含水率  $22.1\%$ , 田表可见玉米残茬和茎秆。玉米苗 6 叶 1 芯, 平均高  $185 \text{ mm}$ , 株距平均  $247 \text{ mm}$ , 茎秆的纤维尚未完全形成, 因播种后喷施过除草剂, 垄表杂草适中并呈无规律分布状态, 草高小于  $46 \text{ mm}$ 。配套动力为 CASE M190 轮式拖拉机, 机手操作熟练。

### 3.2 试验方法

参照《旱田中耕追肥机试验方法》<sup>[15]</sup>中相关规定进行试验。

#### 3.2.1 测区的确定

由于作业速度较快, 从地头开始沿垄长度方向先预留  $30 \sim 40 \text{ m}$  作为起步加速区, 然后每隔  $50 \text{ m}$  长设定为一个测区, 即每个测区为长  $50 \text{ m} \times$  宽  $1.4 \text{ m}$ 。

#### 3.2.2 除草率测定

除草率计算公式如下

$$c = \frac{Q_z - H_z}{Q_z} \times 100\% \quad (10)$$

式中,  $c$  为除草率, %;  $Q_z$  为除前杂草株数;  $H_z$  为除后杂草株数

#### 1) 苗间除草率测试方法

在测区内再随机确定 5 个小测区 (长  $1 \text{ m} \times$  宽  $1.4 \text{ m}$ ), 测定作业前后苗间区 (长  $1 \text{ m} \times 2$  个苗带宽  $B$ ) 内杂草的株数。本试验取苗带宽度  $B=120 \text{ mm}$ 。

#### 2) 行间除草率测试方法

方法同上, 在上述 5 个小测区 (长  $1 \text{ m} \times$  宽  $1.4 \text{ m}$ ) 内测定作业前后行间区内杂草的株数。

#### 3.2.3 伤苗率测定

伤苗指在除草作业过程中, 秧苗被梳齿打折、除掉、

掩埋不能正常生长的苗。伤苗率计算公式如下

$$s = \frac{M_s}{M_z} \times 100\% \quad (11)$$

式中,  $s$  为伤苗率, %;  $M_s$  为测区内伤苗总株数;  $M_z$  为测区内秧苗总株数。

### 3.3 试验结果

表 1 为黑龙江省农垦农机试验鉴定站检测结果。

表 1 试验结果  
Table 1 Experiment data

作业速度/(m·s <sup>-1</sup> )	苗间除草率/%	行间除草率/%	伤苗率 /%
1.8	72.8	93.8	2.3
2.0	74.6	94.7	3.7
2.2	75.6	96.0	4.2
2.4	77.7	96.4	5.4
2.6	79.0	97.2	6.8

由除草作业试验结果可以看出:

1) 提高作业速度有利于苗间与行间杂草的铲除。这是因为当作业速度提高时, 梳齿的速度增大, 对土壤的击打力增强, 苗间表层土壤移位量大, 扎根较浅的杂草很容易被除掉。

2) 随着作业速度的提高, 伤苗率随之增加。造成伤苗率增加的原因有以下 3 点: 一是作业速度提高后, 梳齿对土壤的击打力增大, 由于此时秧苗禾秆部位的纤维尚未完全形成, 抗击打能力较弱, 当梳齿恰好同秧苗相遇时, 导致秧苗被损伤; 二是由于作物的残茬被梳齿带起并随梳齿在苗带运动, 导致秧苗被损伤。通过试验观察, 后者是造成伤苗率增加的主要原因; 三是梳齿入土深度不一致, 导致除草部件作业不稳定, 伤苗率增加。即使仿形比较平稳的一担挑扁担式仿形机构也会随着作业速度的提高, 平稳性下降。

## 4 结 论

1) 田间试验表明: 在整地效果好的前提下, 提高作业速度有利于苗间与行间杂草的铲除, 对伤苗率影响并不明显。在作业速度为 2.0~2.4 m/s 范围内, 玉米定苗前苗间除草平均除草率约 76%, 伤苗率 4.4%, 行间除草率 95.7%。

2) 控制梳齿入土深度基本一致, 可提高除草部件作业的稳定性, 是保证苗间松土效果好、除草率高和伤苗率低的必要条件。

3) 田间残茬茎秆以及土块 ( $\geq 55$  mm) 对伤苗率影响较大。该机不适合在作物残茬茎秆过多的田间进行除草作业, 适应性有待进一步提高。

### [参 考 文 献]

[1] 黄春艳. 黑龙江省农田草害发生防治现状、问题和建议[J]. 黑龙江农业科学, 2009(3): 71-72.  
Huang Chunyan. The actuality, issue and proposition to heilongjiang weed control in field[J]. Heilongjiang Agricultural

Sciences, 2009(3): 71-72. (in Chinese with English abstract)

- [2] 王宏富, 韩忻彦. 中国农田杂草可持续治理的现状与展望[J]. 山西农业大学学报, 2002, 22(3): 274-277.  
Wang Hongfu, Han Xinyan. The actuality and expectation of weeds sustainable management in China[J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2002, 22(3): 274-277. (in Chinese with English abstract)
- [3] Turk M A, Tawaha A M. Weed control in cereals in Jordan[J]. Crop Protection, 2003, 22(2): 239-246.
- [4] 李琦. 国外非化学除草方法[J]. 植物保护, 1994, 20(3): 34-35.  
Li Qi. Method of no-chemical weeding at abroad[J]. Plant Protection, 1994, 20(3): 34-35. (in Chinese with English abstract)
- [5] 李东升, 张莲洁, 盖志武, 等. 国内外除草技术研究现状[J]. 森林工程, 2002, 18(1): 17-18.  
Li Dongshen, Zhang Lianjie, Gai Zhiwu, et al. Research situations of weeding techniques at home and abroad[J]. Forest Engineering, 2002, 18(1): 17-18. (in Chinese with English abstract)
- [6] 李江国, 刘占良, 张晋国, 等. 国内外田间机械除草技术研究现状[J]. 农机化研究, 2006(10): 14-16.  
Li Jianguo, Liu Zhan Liang, Zhang Jinguo, et al. Review of mechanical weeding technique in field at home and abroad[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(10): 14-16. (in Chinese with English abstract)
- [7] 胡亚鲜, 王晓燕, 李洪文, 等. 垄作喷药浅松除草机设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(7): 61-66.  
Hu Yaxian, Wang Xiaoyan, Li Hongwen, et al. Sprayer cultivator-combined weeder for permanent raised bed system[J]. Transactions of the CSAM, 2009, 40(7): 61-66. (in Chinese with English abstract)
- [8] 陈国才, 邦生. 机械化保护性耕作新型机具-浅耕除草机[J]. 当代农机, 2007, (11): 70-71.
- [9] 魏兆凯, 张修春. 大豆苗间除草松土机的设计[J]. 农机化研究, 2009(6): 83-86.  
Wei Zhaokai, Zhang Xiuchun. Design of soybean's thinning weeding ripping achinery[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009(6): 83-86. (in Chinese with English abstract)
- [10] 苑士星. 苗间除草工作部件的研究探讨[J]. 粮油加工与食品机械, 1978(10): 22-30.
- [11] 刘国平, 孙仕明, 成学思, 等. 3ZS-2 型中耕除草机的研究[J]. 农机化研究, 1999(2): 49-50.
- [12] 郭占斌, 段宝林, 赵妍, 等. 3XZC 系列偏心弹齿式苗间除草机的研究与设计[J]. 农机化研究, 2001(2): 61-63.
- [13] 刘天祥, 张颖, 韩霞, 等. 弹齿式苗间锄草机的改进设计[J]. 农机化研究, 2010(2): 114-116.  
Liu Tianxiang, Zhang Ying, Han Xia, et al. Improvement design on elastic comb in-row weeder[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010(2): 114-116. (in Chinese with English abstract)

- [14] 韩豹, 吴文福, 申建英. 水平圆盘式苗间除草装置试验台优化试验[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 142—146.  
Han Bao, Wu Wenfu, Shen Jianying. Optimization experiment on test-bed of horizontal disk weeding unit between seedlings[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(2): 142—146. (in Chinese with English abstract)
- [15] JB/T7864-1999 《旱田中耕追肥机 试验方法》[S].

## Design and experiment on 3ZCF-7700 multi-functional weeding-cultivating machine

Han Bao<sup>1</sup>, Shen Jianying<sup>1</sup>, Li Yuemei<sup>2</sup>

(1. Engineering College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2. General Station of Agricultural Mechanization Technique Extension of Heilongjiang Province, Harbin 150000, China)

**Abstract:** In order to solve problems which existed in the former designed weeding-cultivating machines, such as injuring seedlings seriously, weeding difficultly and the low weeding rate on the course of mechanical weeding between crop seedlings, 3ZCF-7700 multi-functional weeding-cultivating machine matching with high-power tractors was developed. The machine which was suitable for cultivating in the field of corn, soybean and beat could finish the processes of deep side fertilizing, scarification and weeding between seedlings, earth up, ridging and deep loosening. Its main structure, working principle and the design of critical components were briefly described. The experimental results of the machine in the corn field showed that the average weeding rate between seedlings was 76%, the injury seedling rate was less than 4.4%, the average weeding rate between rows was 95.7%, and the other various performances met the design requirements. The machine can satisfy with the agronomic requirements of intertillage management in dry farmland.

**Key words:** agricultural machinery, design, weed control, dry farming, scarification and weeding between seedlings