

3ZS-150型水稻中耕除草机设计与试验*

王金武 牛春亮 张春建 魏从梅 陈振歆

(东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030)

【摘要】 设计了3ZS-150型水稻中耕除草机。对除草部件结构参数进行理论分析,据此设计了苗间和行间除草部件。该机由插秧机底盘提供配套动力,设有软轴驱动式苗间弹齿式除草盘和旋转式行间耕耘锄,可一次完成苗间和行间除草作业。田间试验表明,当中耕深度31 mm、苗间除草盘转速186~190 r/min、机器前进速度为0.35 m/s时,除草率为80.46%,伤秧率为4.76%。

关键词: 中耕除草机 弹齿式苗间除草盘 耕耘锄 设计 试验

中图分类号: S224.1⁺41 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)02-0075-05

Design and Experiment of 3ZS-150 Paddy Weeding-cultivating Machine

Wang Jinwu Niu Chunliang Zhang Chunjian Wei Congmei Chen Zhenxin

(College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract

Based on force analysis of key weeding components, 3ZS-150 paddy weeding-cultivating machine which could remove the weeds between seeding lines and inter-rows was designed. The machine motive power from the transplanter and equipped with the spring-tooth cutterhead, inter-row weeding hoe. The field performance testing showed that when the average cultivating depth was 31 mm, the cutterhead rotation speed was 186~190 r/min, and the forward velocity was 0.35 m/s, the average cleaning rate was 80.46%, the injury seedling rate was 4.76%.

Key words Weeding-cultivating machine, Spring-tooth cutterhead, Hoe cultivation, Design, Experiment

引言

在水稻生长过程中,除草剂的过量使用不仅降低稻米品质,而且污染土壤和水源,破坏生态环境^[1-2]。由于人工除草劳动强度大,除草效率低,所以机械除草被视为“绿色大米”种植过程中最佳的除草方式。采用机械除草改变了用化学药剂除草的作法,工作效率比人工作业提高5倍^[3-5]。机械中耕除草为幼苗根系生长发育提供了疏松土壤,避免了使用化学除草剂造成土壤不能有效疏松,遏制根系延伸的缺点,促进幼苗的生长^[6-8]。然而,水稻中耕除草机械在我国还是空白。目前,随着水稻品种及栽培研究的深入,为适应水稻单产不断提高和机械化种植的需要,水稻种植行距逐步加大,日本、韩

国及我国大部分地区采用宽行栽培。对于苗间除草技术的研究,国内还处于起步阶段,市场现存大多数除草机只能除去行间杂草,而对于苗间杂草无法达到理想的除草效果。因此,现阶段生产的除草机均不能满足农艺要求。本文设计3ZS-150型水稻中耕除草机,该机由插秧机底盘提供配套动力,设有苗间弹齿式除草盘和行间耕耘锄,一次完成苗间和行间除草作业。

1 机具结构与工作原理

3ZS-150型水稻中耕除草机由苗间除草盘、行间耕耘锄、限深器、变速箱、机架等组成,其结构如图1所示。

机架上从前至后依次安装转轴1、变速箱、限深

收稿日期: 2009-12-31 修回日期: 2010-03-31

* 黑龙江省科技厅重点攻关项目(GB07B106)和哈尔滨市科技局重点攻关项目(2009AA6CN126)

作者简介: 王金武,教授,博士,主要从事田间机械和机械可靠性研究,E-mail: jinwu@163.com

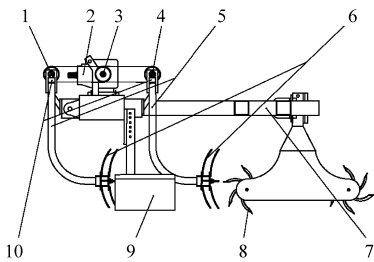


图1 除草机结构示意图

Fig. 1 Structure diagram of weeding device

1. 转轴 1 2. 变速箱 3. 链轮 4. 转轴 2 5. 传动弯管 6. 苗间除草盘 7. 机架 8. 行间耕耘锄 9. 限深器 10. 球铰联轴器

器、转轴 2、传动弯管和行间耕耘锄, 变速箱两侧输出轴上各安装链轮, 链轮通过链条分别与位于转轴 1 和转轴 2 上的链轮配套。转轴与苗间除草盘之间通过球铰联轴器和钢丝软轴实现传动方向的改变。

工作时, 将水稻中耕除草机与 4.56 kW 插秧机底盘挂接, 动力由插秧机底盘提供, 经变速箱变速后将动力分别传递到转轴 1 和转轴 2, 转轴 1 和转轴 2 通过球铰联轴器和传动弯管内的钢丝软轴实现苗间除草盘的转动和传动方向的改变。由于苗间除草盘上弹齿是弧型齿, 可以有效降低除草过程对秧苗的损伤。行间耕耘锄随着机器的前进而被动旋转, 能够将行间杂草拔除和翻埋于田里, 达到行间除草的目的。通过调节限深器能够改变除草深度, 由于该机构具有仿形作用, 因此限深器在保证除草深度的同时不会产生壅土现象。

3ZS-150 型水稻中耕除草机作业时工作指标为: 中耕深度 21~41 mm、作业速度 0.3~0.4 m/s、工作幅宽 1 400 mm 和作业行数 4 行。

2 除草机动力传递系统

动力传递系统工作原理如图 2 所示。插秧机底盘动力输出轴输出的动力传递至变速箱, 再由变速箱进行垂直换向, 将动力经变速箱左、右输出轴输出, 再由左、右输出轴上的主动链轮经传动链传递到被动链轮, 被动链轮轴通过万向节将动力传到钢丝软轴。由钢丝软轴驱动苗间除草盘转动, 使每对除草盘在垂直于前进方向的平面内转动除草。

3 苗间除草部件

3.1 苗间除草部件设计参数几何关系分析

除草盘随着除草机沿着苗行前进方向平动, 又绕垂直于苗行方向旋转。当除草盘上一个弹齿与地面垂直时, 其除草弹齿的有效部分与机器前进方向呈一定角度。苗间除草部件除草弹齿盘结构如图 3 所示。

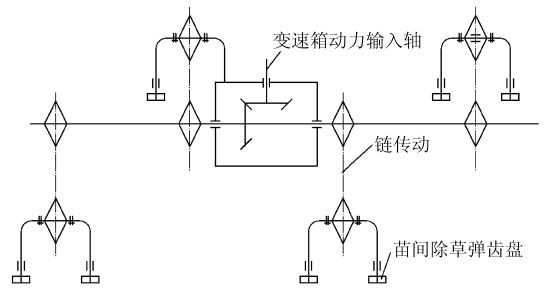


图2 除草机动力传递系统工作原理图

Fig. 2 Work principle of power transmission system on weeding-cultivating machine

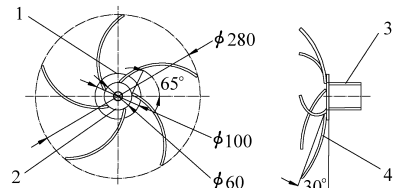


图3 除草盘结构示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the cutterhead

1. 轮毂 2. 弹齿筒盖 3. 弹齿筒 4. 弹齿

除草盘在工作时参数和位置关系如图 4 所示。 v_f 为除草盘前进速度; v_r 为除草弹齿的圆周速度; v_c 为除草弹齿在最低点的合速度; b 为除草弹齿的有

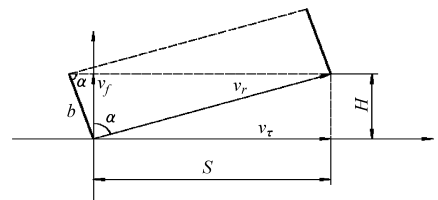


图4 除草盘在工作时参数和位置关系示意图

Fig. 4 Working parameters and location relationship of the cutterhead in working

效工作长度, 且垂直于 v_r ; S 为圆周上的弹齿间距; H 为当除草盘刚好转过一个弹齿的圆周间距 S 时除草盘前进的距离。为了达到良好的除草效果, 应满足

$$b \sin \alpha \geq H \quad (1)$$

$$\tan \alpha = \frac{S}{H} = \frac{v_r}{v_f} = \frac{d_1 \omega}{2v_f} \quad (2)$$

式中 ω ——除草盘转速, r/min

d_1 ——除草盘直径, mm

α 由 v_f 和 v_r 决定, $\alpha = \arctan \frac{d_1 \omega}{2v_f}$ 。

$$S = \frac{\pi d}{n} \quad (3)$$

式中 n ——除草盘弹齿数

由式(1)~(3)得

$$b \sin \alpha \geq \frac{2\pi \omega}{n v_f} \quad (4)$$

令 $\frac{\omega}{v_f} = K$, 由式(4)得

$$b\sin\alpha \geq \frac{2\pi}{n}K \quad (5)$$

式中 K ——除草盘除草速比, $K \in (3, 8)$ (试验测得)

α 由 K 决定, $\alpha = \arctan \frac{d_1}{2}K$ 。

式(5)为除草盘运动参数间的关系, 除草效果由除草弹齿的有效部分长度、除草盘旋转速度、除草机前进速度、除草盘直径和除草盘上弹齿数等参数的比例关系决定。应用式(5)可以确定除草盘结构尺寸(图4)。

3.2 轮毂的直径及轮毂厚度

为保证部件工作时不缠苗, 轮毂周长要大于苗与草高度, 且除草盘轮毂中心距离地面应有一定高度。根据试验时秧苗高度, 选取轮毂直径 100 mm。轮毂的厚度是指该除草装置除草刀盘轮毂的厚度。厚度太大, 浪费材料, 同时机体笨重; 厚度太小, 在焊接弹齿时, 容易发生变形, 故选用厚度 5 mm。

3.3 弹齿数

为保证除草盘工作时不伤苗, 要求弹齿数 z 值越小越好, 但 z 值过小会降低除草率。经预备试验, 弹齿的数量为 3~6 时, 既可以保证不缠草、不缠苗, 又能达到良好的除草效果。因此, 本文选择弹齿数为 5 进行试验研究。

3.4 弹齿材料

弹簧钢 65Mn 具有较高的抗拉强度、屈服比和疲劳强度, 且具有足够的塑性和韧性, 同时弹簧钢较硬, 在碰到硬质物体不易变形。综合其性能比较适合除草作业弹齿性能要求。

4 行间除草部件

4.1 耕耘锄回转直径

由文献[9]确定耕耘锄回转直径, 如图5所示, 直径的计算公式为

$$D \geq 2(H_{\min} + h_{\max}) \quad (6)$$

式中 H_{\min} ——轴心 O 距地面允许的最小距离, mm
 h_{\max} ——按农艺要求限定的最大耕深, 取 6~

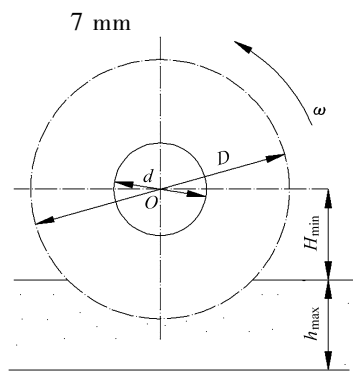


图5 耕耘锄回转直径的确定

Fig.5 Diameter of hard hoe

当直径较小时, 为保证除草质量要求, 需要提高转速, 但转速提高会导致机器振动增大, 平稳性变差。从结构上考虑, 直径较小将直接影响到回转平面内刀齿的配置数量 z_1 , 而 z_1 又与转速有直接关系。因此, 将式(6)计算结果作为下限。

4.2 耕耘锄齿数

回转面耕耘锄的齿数 z_1 , 与耕耘锄轮毂的直径 d 有直接关系, 需先确定 d 值。 d 值是在已知耕耘锄回转直径 D 和耕耘锄刀齿结构尺寸及入土角的情况下, 通过图解法求得。同时, 要验算轮毂周长是否满足大于杂草高度条件, 以避免或减少杂草的缠绕。就一般而言, 当 d 确定后, 在安装方便、不夹泥、不堵草的情况下 z_1 值越大越好。另外, 为便于平衡, z_1 值取 6。

4.3 耕耘锄转速

依据除草作业的环境条件与农艺要求, 确定耕耘锄转速。稻田除草要求杂草必须连根拔掉, 并将草翻埋在泥里, 阻力消耗较大。为了降低刀齿的负荷, 需确定每个齿的一次切入量。另外, 欲将杂草连根拔掉, 则要求有足够大的齿迹水平拉动距离。 Y 代表每个齿沿前进方向切下的土层厚度(进给量), 其计算公式为

$$Y = 60v_j / (z_1 n_1) \quad (7)$$

式中 Y ——进给量, m

v_j ——机器前进速度, m/s

n_1 ——耕耘锄转速, r/min

4.4 入土角和出土角

入土角是指刀齿即将入土时, 刀齿与地面之间所形成的夹角。出土角是指刀齿即将出土时, 刀齿与地面之间形成的夹角。入土角的设计应保证刀齿在入土时土壤阻力较小, 且在刀齿运动到最低位置时, 刀齿达到较大的作业深度。

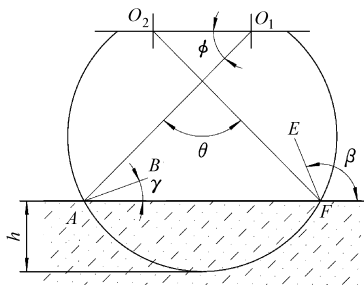
当齿尖刚接触地面和齿尖刚离开地面时, 过齿尖作齿面弧线的切线 AB 、 EF , 则 AB 和 EF 与地平面夹角 γ 和 β 分别为入土角和出土角。入土角 γ 和出土角 β 的关系如图6所示, θ 是齿尖从开始入土到出土齿回转角度, 刀齿回转角度计算公式为

$$\theta = \pi - 2\phi = \pi - 2\arcsin \frac{R - h_{\max}}{R} \quad (8)$$

式中 R ——耕耘锄回转半径

$$\beta = \theta + \gamma \quad (9)$$

由式(8)可知, 当 R 和 h_{\max} 给定后, θ 角即为定值。随着 h_{\max} 的减小, θ 值也随之减小。由式(9)可知, θ 增加, β 也增加。当 β 超过 100° 时, 易粘泥、粘草, 所以 β 取值应以入土角为前提, 同时考虑出土要求。

图6 入土角 γ 和出土角 β 的关系Fig.6 Relationship of buried angle γ and unearthed angle β

5 田间试验

5.1 试验条件

试验时间为2009年5月18日,地点在哈尔滨市幸福乡后张家村机插水稻田,泥脚深度350 mm左右,最深达400 mm。田块长度73 m,宽度10 m。试验在插秧后7 d左右进行,叶龄3叶1新至4叶,秧龄30 d,平均株高120 mm。试验田栽插后未进行化学除草和人工除草,此时期是稻田杂草发生高峰期,主要以禾本科的稗草、千金子和莎草科的异型莎草等一年生杂草为主,且发生早、数量大。中耕除草前宜先灌水,使土壤湿软,除草效果较佳^[10-13]。

5.2 除草作业的质量评价指标

(1) 除草率

除草率是指测区内除掉的杂草数量和除前杂草数量比值,计算公式为

$$C = \frac{Q - P}{Q} \times 100\% \quad (10)$$

式中 C ——除草率, % Q ——除草前杂草数, 株
 P ——除草后杂草数, 株

(2) 伤秧率

伤秧率是指测区内受损秧苗数与总秧苗数比

值,其中受损秧苗包括被除掉的、折断、压入泥里的秧苗数量,计算公式为

$$M = \frac{M_2}{M_1} \times 100\% \quad (11)$$

式中 M ——伤秧率, %

M_1 ——测定区内总秧数, 株

M_2 ——测定区内受损秧数, 株

5.3 试验结果

由黑龙江省农业机械鉴定站进行了试验样机性能检测,检测结果如表1所示。从试验结果看出:在作业速度为0.35 m/s时,除草率、伤秧率达到比较满意数值,作业效率较高。中耕深度在设计期望值范围之内。

表1 测试结果

Tab.1 Experimental data

行间 除草宽 /mm	苗间 除草宽 /mm	作业 速度 /m·s ⁻¹	中耕 深度 /mm	除草盘 转速 /r·min ⁻¹	作业 效率 /hm ² ·h ⁻¹	除草 率 /%	伤秧 率 /%
250	100	0.35	38	186	0.49	80.46	4.76

6 结束语

3ZS-150型水稻中耕除草机利用插秧机底盘作为动力,通过钢丝软轴传动系统驱动苗间除草工作部件使整个苗间除草机构紧凑、可靠。苗间除草盘在旋转过程中,渗入泥土,将杂草挑出,或将其打掉,使之漂浮在水层上搅动泥土将其覆盖,从而完成除草作业。行间耕耘锄在机架的牵引下自转,通过其上的除草齿转动将泥浆连同行间杂草拔出、拉断或埋压,除掉行间杂草。通过田间试验结果验证,3ZS-150型水稻中耕除草机的除草效果良好,其结构设计合理。

参 考 文 献

- 金连登,许立,朱智伟.我国现行有机、绿色、无公害食品大米的异同点及生产发展策略研究[J].粮食与饲料工业,2005(5):1~3.
Jin Liandeng, Xu Li, Zhu Zhiwei. On the similarity-difference points and development strategy of current organic, green and nuisance-free rice in our country[J]. Cereal & Feed Industry, 2005(5):1~3. (in Chinese)
- 袁兴华,吕作培,彭玉藻.绿色大米生产技术要点[J].江西农业科技,2004(5):17~18.
- 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 Zhanliang, 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)
- 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.
- 李江国.滚切式除草机的研究[D].保定:河北农业大学,2006.
Li Jianguo. Study on rotary cutting weeder[D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2006. (in Chinese)
- Turk M A, Tawaha A M. Weed control in cereals in Jordan[J]. Crop Protection, 2003, 22(2):239~246.
- Kouwenhoven J K. Intra-row mechanical weed control-possibilities and problems[J]. Soil and Tillage Research, 1997, 41(1~

- 2);87~104.
- 8 徐名吉. 水田动力除草中耕机[J]. 农机科技推广, 2006(8):40.
- 9 杨广林, 范蕴哲. 旋耕式水田中耕除草机的结构与参数的探讨[J]. 东北农学院学报, 1985(3):69~73.
Yang Guanglin, Fan Yunzhe. Determination of the structure and the parameters of the rotary hoe for paddy field[J]. Northeast Agricultural University, 1985(3):69~73. (in Chinese)
- 10 王金忠, 陈琪. 3ZS-6型耕旋联合除草机[J]. 农牧与食品机械, 1994(2):22~23.
- 11 吴崇友, 张敏, 金诚谦, 等. 2BYS-6型水田中耕除草机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(7):51~54.
Wu Chongyou, Zhang Min, Jin Chengqian, et al. Design and experiment of 2BYS-6 type paddy weeding-cultivating machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(7):51~54. (in Chinese)
- 12 明玉岗. 水田中耕除草机试验与研究[J]. 江苏农机化, 2006(1):18.
- 13 周良塘. 3ZS-1型水田除草中耕机[J]. 南方农机, 2006(4):4.
- 14 陈振歆, 王金武, 牛春亮, 等. 弹齿式苗间除草装置关键部件设计与试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(6):81~86.
Chen Zhenxin, Wang Jinwu, Niu Chunliang, et al. Design and experiment of key components of trash cultivator's working in paddy rice seeding lines[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(6):81~86. (in Chinese)
-

(上接第74页)

- 7 廖庆喜, 邓在京, 黄海东. 高速摄影在精密排种器性能检测中的应用[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(5):570~573.
Liao Qingxi, Deng Zaijing, Huang Haidong. Application of the high speed photography checking the precision metering performances[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2004, 23(5):570~573. (in Chinese)
- 8 张晓辉, 赵百通. 播种机自动补播式监控系统的研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7):119~123.
Zhang Xiaohui, Zhao Baitong. Automatic reseeding monitoring system of seed drill [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(7):119~123. (in Chinese)
- 9 冯全, 栗震霄, 吴建民, 等. 免耕播种机高抗尘排种监测器的设计与试验[J]. 农业机械学报, 2006, 37(9):68~70.
Feng Quan, Li Zhenxiao, Wu Jianmin, et al. Development of dustproof annunciator system for no-tillage planter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(9):68~70. (in Chinese)
- 10 GB/T 6973—2005 单粒(精密)播种机试验方法[S].
GB/T 6973—2005 Testing methods of single seed drills(precision drills)[S]. (in Chinese)
- 11 李伟, 林家春, 谭豫之, 等. 基于图像处理技术的种子粒距监测方法研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6):165~168.
Li Wei, Lin Jiachun, Tan Yuzhi, et al. Measuring method of seed spacing on test rig based on image processing techniques [J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(6):165~168. (in Chinese)