

2BYS-6型水田中耕除草机设计与试验^{*}

吴崇友 张敏 金诚谦 涂安富 卢晏 肖体琼

(农业部南京农业机械化研究所, 南京 210014)

【摘要】 简述了2BYS-6型水田中耕除草机的结构、工作原理及关键部件的设计,对该机旋转除草和摆动除草两种工作部件运动作了理论分析。田间试验结果表明:该机用于机插秧水稻田除草行间杂草平均除净率(相对除净率)78.1%,中耕深度4.39 cm,作物损伤率不大于6.89%。

关键词: 中耕除草机 水田 结构 参数 性能

中图分类号: S224.1⁺41 **文献标识码:** A

Design and Experiment of 2BYS-6 Type Paddy Weeding-cultivating Machine

Wu Chongyou Zhang Min Jin Chengqian Tu Anfu Lu Yan Xiao Tiqiong

(Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China)

Abstract

This paper briefly describes the main structure, work principle and design of critical components of 2BYS-6 type paddy weeding-cultivating machine, and also analyzes the kinematical characteristics of the rotative weeding and the swing weeding. The experimental result of the machine in the field in which rice was transplanted by rice transplanter shows that the between rows average cleaning rate (relative cleaning rate) was 78.1%, the average cultivating depth was 4.39 cm, the injury seedling rate was under 6.89%, and the other various performances came to the design requirements.

Key words Weeding-cultivating machine, Paddy field, Structure, Parameters, Performance

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]。为保护环境和生产绿色稻米,需要用机械除草来替代化学除草^[2~3]。水田中耕除草是水稻生产过程中重要的作业环节,在锄去杂草的同时疏松土壤,增加土壤透气性,提高肥料利用率,释放土壤中有害气体,破坏稻苗部分老根,促进新根生长,提高水稻产量和品质。然而,水田中耕除草机械在我国几乎还是空白。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,其插秧机、直播机行距一般为标准行距(30 cm)。水稻宽行种植使杂草滋生机率加大,除草

用工增加,生产成本加大,对中耕除草机的需求越来越大。机械除草符合保护性耕作的发展趋势^[4~5],对于增加作物产量也有重要作用。

本文对2BYS-6型水田中耕除草机进行设计,对旋转除草和摆动除草进行运动学分析和参数验算。

1 机具结构与工作原理

2BYS-6型水田中耕除草机由旋转除草部件、摆动除草部件、动力传递系统、液压仿形耕深调节机构、机架等组成,如图1所示。

利用插秧机底盘动力分别驱动两个工作部件,使旋转除草工作部件正向旋转,除掉行间杂草;摆动除草部件往复摆动,除掉靠近苗行两侧杂草。采用整体驱动,一行一段的分段刀辊,并用护苗器保护秧

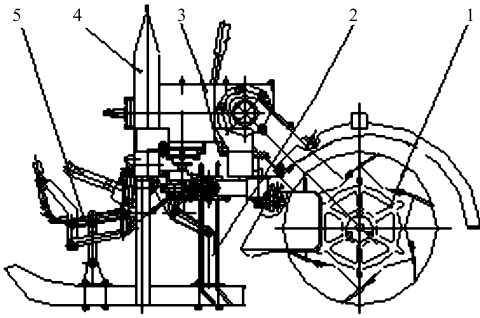


图1 2BYS-6型水田中耕除草机结构图

Fig.1 Structure of the 2BYS-6 type paddy weeding cultivating machine

1. 旋转除草部件 2. 摆动除草部件 3. 动力传递系统 4. 机架
5. 液压仿形耕深调节机构

苗,减少伤苗。整体框架式结构与底盘悬挂装置挂接,改进插秧机四轮底盘的原液压仿形机构,作业时机具对地面具有良好的仿形,保证中耕和除草深度,不会产生壅土。

1.1 动力传递系统

动力传递系统工作原理如图2所示。通过万向节传动轴将插秧机底盘动力传递到除草机传动箱,然后分成两条传动路线,其一通过一级圆柱齿轮减速传给曲柄偏心机构,驱动横向摆动除草部件,在与机组前进方向垂直的铅垂面内绕固定圆心作摆动;其二经一对圆锥齿轮变向和两级圆柱齿轮减速后,传给旋转除草部件,使旋转除草部件在沿前进方向平行的铅垂面内作余摆线运动。

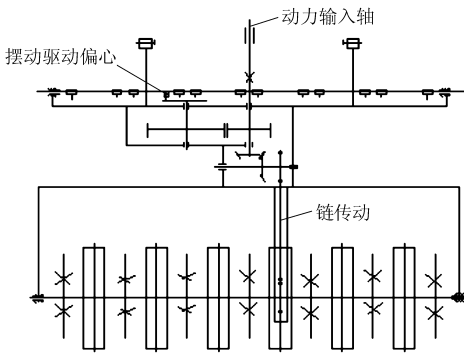


图2 动力传递系统工作原理图

Fig.2 Work principle of power transmission system

1.2 液压仿形机构

液压仿形机构工作原理如图3所示。工作前按设计耕深通过手柄将浮板预先放置在一定的位置,工作时与浮板铰链座连接的浮板与水田田面接触。当田面松软浮板前端下陷较深时,主动杆在锁定杆的带动下拉动弹簧,弹簧拉动钢丝绳,钢丝绳作用于液压换向阀,此时液压机构将浮板前端上提,避免进一步下陷而产生壅土;当田面较板结时,浮板因受到较大向上托力而自动托起,此时液压阀不动作。

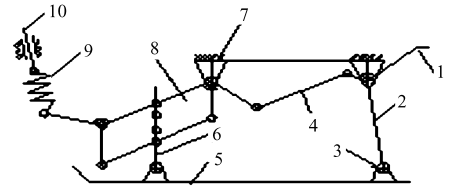


图3 液压仿形机构工作原理图

Fig.3 Work principle of hydro-profiling mechanism

1. 调节耕深手柄 2. 浮板摆杆 3. 浮板铰链座 4. 连杆 5. 浮板 6. 锁定杆 7. 铰链座 8. 主动杆 9. 弹簧 10. 钢丝绳

2 主要部件设计参数

旋转除草部件主要由刀盘和刀片组成,刀盘采用整体驱动分段布置方式,刀辊的宽度根据行距确定,按照插秧机 30 cm 标准行距确定刀辊宽度为 18 cm,刀辊直径为 38 cm。摆动除草部件在苗行两侧作往复运动除草,护苗器将秧苗沿苗行收拢在较小的范围内,以减少作业时伤苗。摆动杆的长度根据机具离地高度和中耕深度来确定,摆动杆长度为 24 cm。往复摆动除草性能与摆动杆的摆动频率有直接关系,经计算确定为 4~5 Hz,可调节。设计参数如表1所示。

表1 设计参数表

Tab.1 Design parameters

参数	设计值	参数	设计值
行距/cm	30	行数	6
刀辊直径/cm	38	刀辊转速/ $r \cdot \min^{-1}$	90~110
杆齿长度/cm	24	摆动频率/Hz	4~5
中耕深度/cm	4~6	作业速度/ $m \cdot s^{-1}$	0.3~0.9

3 旋转除草的运动学分析和参数验算

除草刀片不像旋耕刀那样有侧切刃和正切刃,而是一个近似于平面的钢板,前端带有多个缺口。刀片与土壤开始接触时不是线接触,而是一个面接触。随着刀辊的旋转,刀片对田面产生向下、向后的推移(刀辊正转),刀片不是依靠滑切入土,而是靠一个面撞击、推压,把具有一定流动性的泥土挤压、推开,从而将泥浆连同杂草拔出、拉断或埋压。由于刀片是依靠推压作用除草,尽管滑切角很小,但不会产生刀辊缠草现象。显然,这样的刀片与田面的作用形式只能适应于水、稀泥、杂草组成的具有一定的流动性的水田田面。

图4是旋转除草部件的运动分析图。旋转除草部件在动力驱动下绕轴心旋转运动,并随机组沿 x 轴向前运动。除草部件的运动可认为是定轴匀速旋转运动和机器匀速直线运动的合成运动。

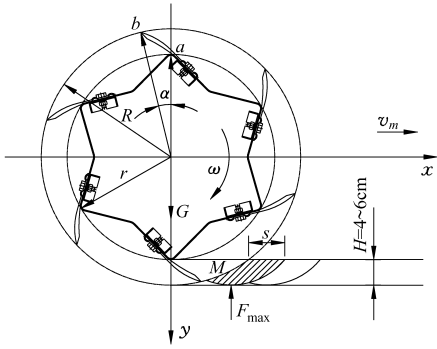


图4 旋转除草部件运动分析示意图

Fig. 4 Sketch of rotary weeding part for motion analysis

旋转除草刀片工作圆弧段上 a 点的位移方程

为

$$\begin{cases} x_a = v_m t - r \sin \omega t \\ y_a = r \cos \omega t \end{cases} \quad (1)$$

式中 r ——旋转除草刀片工作圆弧段上 a 点到旋转中心的半径

R ——刀片外端点的半径,设计值为 19 cm

v_m ——机器的前进速度

α ——工作段圆弧起点 a 和终点 b 分别与旋转中心连线所形成的夹角

ω ——旋转部件回转角速度

t ——旋转部件转过的时间(以 y 轴为起始点)

根据圆周速度与机组前进速度比值定义^[6-7]

$$\lambda = \frac{r\omega}{v_m} \quad (2)$$

初定参数: $r = 124 \sim 190$ mm, $v_m = 0.3 \sim 0.9$ m/s, $n = 90 \sim 110$ r/min,代入式(2)计算得 $\lambda = 1.29 \sim 7.29 > 1$ 。由此可以判断刀片工作圆弧段 ab 上任一点的运动轨迹均为余摆线。

根据文献[6]和文献[8]提供的耕深与速比之间的关系式

$$H < R \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right) \quad (3)$$

将 λ_{\min} 代入式(3)计算得 $H_{\min} = 4.27$ cm,满足设计耕深大于 4 cm 的要求。

要保证不漏旋,旋转除草部件所有刀片的除草宽度之和应不小于圆盘旋一周机器前进的距离,则有

$$Zs \geq v_m \frac{2\pi}{\omega} \quad (4)$$

式中 Z ——圆盘的刀片数,取 $Z = 6$

s ——一个刀片在旋转一周中推移挤土的距离

将 v_m 和 ω 的设计值代入式(4),计算得 $s = 2.6 \sim 10$ cm,属于合理范围。

4 摆动除草部件的运动分析

如图 5 所示,摆动除草部件沿 cd 圆弧以等角速

度摆动,同时随机器以速度 v_m 前行。显然,圆弧摆动和机器前进 v_m 是在相互垂直的两个平面内。设高度方向的变化为 E ,则

$$E = R_1(1 - \cos \beta) \quad (5)$$

式中 R_1 ——摆动除草刀长度,取 24 cm

β ——摆动除草刀摆角

由式(5),在左、右摆动 3 cm 内摆角 $\beta = \pm 7.2^\circ$,因此 $E_{\max} = 0.18$ mm,可忽略不计,所以把此摆动看作是在与 v_m 同一个水平面内的运动。

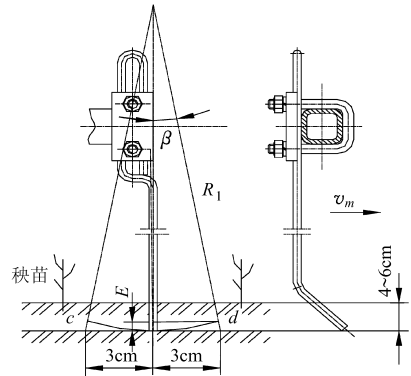


图5 摆动除草部件示意图

Fig. 5 Sketch of swing weeding part

以 v_m 前进方向为 x 轴,刀齿端摆动方向为 z 轴,则刀齿端的位移方程为

$$\begin{cases} x = v_m t_1 \\ z = R_1 \sin \beta = R_1 \sin(\omega_1 t_1) \end{cases} \quad (6)$$

式中 ω_1 ——摆动除草刀摆动频率

t_1 ——时间

由式(6)可知,在水平面内摆动除草刀齿上任意点的运动轨迹如图 6 所示, S_1 是刀齿摆动一个往复机器前进的距离。在 v_m 一定时,摆动频率 ω_1 越大, S_1 越小,漏除的几率就越小。摆动除草齿本身无刃口,也是依靠挤压、推移除草,由于是杆齿对土壤扰动少,即使接触到秧苗也不会将秧苗除掉。

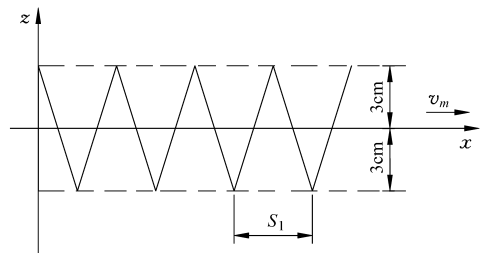


图6 摆动除草刀齿轨迹图

Fig. 6 Trace drawing of swing weeding tool

5 田间试验

5.1 试验条件

试验地点:江苏省射阳县通洋镇建东村。试验时间:2006年7月18日下田初试,7月20日上午正

式试验。配套动力:水田四轮通用底盘。试验样机:2BYS-6型水田中耕除草机1号样机。试验田:长68 m,宽32 m,田面间或有1~2 cm深水层,泥脚深平均13~15 cm,最深17 cm。作物:常优1号水稻,用乘坐式插秧机栽插后26 d,单株分蘖3~4个,叶龄8~9叶,平均株高34 cm,长势较好,未见明显病、虫害。试验田杂草:水稻栽插后没有进行任何形式的除草作业,杂草呈不均匀、无规律的分布状态,草量中等,杂草种类主要有稗草、阔叶杂草、三棱草、大叶草、野茅草和野花生等。

5.2 除草作业的质量评价指标

相对除净率:各行除掉的杂草质量占旋转除草与摆动除草两工作部件的工作幅宽内杂草的质量比,但不含各行6 cm苗行宽的株间杂草。

绝对除净率:除掉的杂草占工作幅宽内全部杂草的质量比。

作物损伤率:在除草过程中被压倒(秧苗与地面夹角小于 30°)、折断、除掉的秧苗数占作业面积内全部秧苗数的比例。其查定方法是每个作业行程按规定的面积取样查定。

5.3 试验结果

由江苏省盐城市农机鉴定站进行了试验样机性能检测,表2为试验检测结果。从试验检测结果看出:在作业速度达到 0.825 m/s 时,除净率、损伤率仍获得比较满意数值;理论作业效率 $0.53\text{ hm}^2/\text{h}$,即使按照70%的有效作业时间计算, $0.37\text{ hm}^2/\text{h}$ 的

作业效率仍是较高。中耕深度在设计期望值范围之内。

表2 试验结果
Tab.2 Experimental data

参数	实测值	参数	实测值
旋转除草宽/cm	18.3	绝对除净率/%	61.2
摆动除草宽/cm	6.4	相对除净率/%	78.1
作业速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	0.825	作物损伤率/%	6.89
中耕深度/cm	4.39	作业效率/ $\text{hm}^2\cdot\text{h}^{-1}$	0.53

6 结束语

2BYS-6型水田中耕除草机利用底盘动力驱动旋转式和摆动式两种除草工作部件。旋转工作部件不是靠刀片刃口切入土壤,而是依靠挤压、推移,将泥浆连同杂草拔出、拉断或埋压,除掉行间杂草。摆动工作部件在苗行两侧作小幅度往复摆动,依靠挤压、推移除草。旋转工作部件在与机器前进方向的铅垂面内作余摆线运动。虽然摆动除草部件是在与机器前进方向垂直的铅垂面内作等角速度摆动,但由于摆动幅度小,高度变化可忽略不计,因此可认为摆动工作部件在与机器前进方向水平面内运动,其运动轨迹为锯齿状。通过田间试验结果显示2BYS-6型水田中耕除草机的除草效果良好,证明其结构原理和参数设计合理。

参 考 文 献

- 刘延,刘波,王险峰,等. 中国化学除草问题与对策[J]. 农药,2005,44(7):289~293.
- 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.
- 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 Jiangguo, Liu Zhanliang, Zhang Jinguo, et al. Review of mechanical weeding technique in field at home and abroad[J]. Journal of Agricultural Research, 2006(10):14~16. (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.
- 南京农业大学. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,1996.
- 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,1988.
- 西涅阿科夫 Г Н, 潘诺夫 И М. 土壤耕作机械的理论 with 计算[M]. 李清桂,高尔光,张先达,等,译. 北京:中国农业机械出版社,1981.