

垄作喷药浅松除草机设计*

胡亚鲜 王晓燕 李洪文 何进

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

【摘要】 针对甘肃河西走廊地区固定垄保护性耕作模式下, 杂草种类繁多, 多年生杂草根系粗大, 春季较易复苏, 不易喷杀, 一年生杂草多为田旋藤蔓缠绕型, 机械铲除不彻底等问题, 设计了一台垄作喷药浅松除草机。该机采用化学喷药和机械浅松组合除草原理, 由三段式可折叠机架、圆弧形防飘罩盖、化学喷药系统和机械浅松系统等组成。玉米苗期田间除草试验表明, 机械浅松机构主要铲除玉米行间杂草, 单独作业时杂草清除率为 89.2%; 化学喷药系统主要覆盖性喷杀作业区一年生杂草, 单独作业时杂草清除率为 94.6%; 两种方式联合作业模式下杂草清除率为 97.3%, 说明机械浅松与化学喷药相结合的方式杂草综合防治效果最好。

关键词: 除草机 垄作 杂草防治 化学喷药 机械浅松 防飘罩盖

中图分类号: S224.4

文献标识码: A

Sprayer-cultivator-combined Weeder for Permanent Raised Bed System

Hu Yaxian Wang Xiaoyan Li Hongwen He Jin

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

To control the problems of weeds which are frequently and massively occurring under permanent raised bed (PRB) system in Hexi Corridor, a sprayer-and-cultivator-combined multifunctional weeder was designed with the compound configurations of chemical sprayer and mechanical cultivator which were set up on a three-section foldable frame and could be applied alternatively or mutually as to the specific requirement. Three pieces of foldable shields were installed to reduce the drift of the chemicals. As most of the weeds are perennial in the area and can hardly be eliminated by chemical spraying, and also some annual weeds can not be simply cut off by mechanical cultivator, this sprayer-cultivator-combined weeder could function as a manner of integrated weed control along the whole growing period of wheat and maize. Field experiments show that the chemical and mechanical combined treatment managed a significantly better weed-control performance (97.3%) which was higher than either spraying treatment (94.6%) or cultivating treatment (89.2%). That means under permanent raised bed system chemical sprayer and mechanical cultivator combined mode is the optimum pattern to get effective weeds control.

Key words Weeder, Permanent raised bed, Weed control, Chemical sprayer, Mechanical cultivator, Anti-drift shields

引言

在固定垄(permanent raised bed, 简称 PRB)保

护性耕作技术体系试验和应用过程中, 杂草的防治成为一个亟需解决的难题。传统耕作可对多年生杂草的根茎等繁殖体进行撕扯、切割、暴晒和霜冻, 对

收稿日期: 2008-10-23 修回日期: 2008-12-16

* 中澳合作项目(ACIAR LWR 2002094)

作者简介: 胡亚鲜, 硕士生, 主要从事固定道保护性耕作机具研究, E-mail: hu_yaxian@cau.edu.cn

通讯作者: 王晓燕, 副教授, 主要从事保护性耕作、固定道保护性耕作技术与机具研究, E-mail: xywang@cau.edu.cn

一年生杂草种子进行掩埋^[1]。而固定垄保护性耕作体系采取多年免耕后,小麦-玉米田间杂草繁多,发生频率高,已成为影响作物生长,阻碍该技术发展推广的一大威胁。在国外,保护性耕作体系杂草主要依靠大型喷药机械,通过化学喷洒来实现,并结合合理的除草剂种类选择及轮换使用来避免土壤污染及杂草抗药性等问题。在国内,农民普遍对农药类型选择、轮换使用规律以及用量合理控制等缺乏科学的认识,很容易造成农药滥用、土壤污染等问题。因而,尽管化学除草见效快、效果明显,但为保证土壤环境可持续发展,还是应辅以机械方法,尽量降低化学除草剂使用频率,减少农户对化学药剂的依赖性。现有的保护性耕作体系下的除草机具如玉米免耕播种喷药联合作业机^[2]、弹齿式少耕除草机^[3]等都只是解决平作保护性耕作模式下非苗期的除草问题;对于垄作体系垄沟及垄台设置规格,垄上作物间距较窄对除草铲作业精度及走直性要求增高,垄台凸起、垄沟凹陷增加了垄上作物实际高度,对机具作业高度可调范围也要求加大。另外,甘肃河西走廊地区风多、风大、空气干燥,现有这些机具都不适于固定垄保护性耕作体系。

针对上述问题,本文设计垄作喷药浅松除草机,采用化学喷药与机械浅松相结合的原理,由喷药系统及除草机构两大部分组成,解决固定垄保护性耕作体系小麦-玉米田间杂草控制问题,以推动该项技术的应用与推广。

1 工作原理及整机结构

1.1 工作原理

根据固定道垄作保护性耕作中固定垄的特点,以及机械除草和化学除草的对杂草控制的侧重点不同,本机采用化学喷药与机械浅松相结合的方法进行保护性耕作田间杂草的综合防治。工作原理如图1所示,化学喷药系统主要由药箱、液泵、喷药管、喷头、限深轮和圆弧形防飘罩盖等部分组成,主要封闭或喷作作物行上以及部分行间一年生杂草,控制其在本年份的生长繁衍;机械除草系统主要由双翼除草铲等部分组成,主要是铲断作物行间的多年生杂草粗壮根系,防止其来年复苏蔓延。化学除草和机械除草两者优势互补,两种作业方式可根据田间除草需要自由切换,既可单独作业,亦可联合作业。

1.2 整机结构

垄作喷药浅松除草机主要由三段可折叠式机架(包含中央机架和两翼机架)、化学喷药系统、机械除草系统等组成(图2)。机架与拖拉机三点悬挂机构连接,作业高度由拖拉机液压升降系统调节。三段

式机架伸展时,可实现三垄同时喷药或浅松作业;折叠时,便于运输。

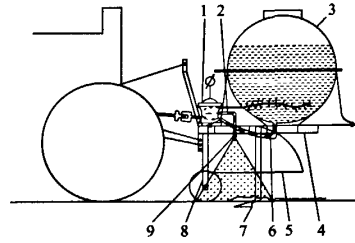


图1 垄作喷药浅松除草机工作原理图

Fig.1 Lateral view of sprayer-cultivator-combined weeder on working state

- 1.液泵 2.喷药管 3.药箱 4.机架 5.圆弧形防飘罩盖
6.出口 7.双翼除草铲 8.单臂限深轮 9.喷头

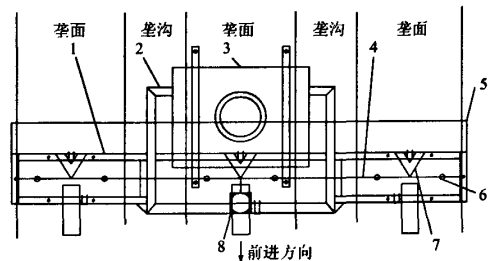


图2 双翼除草铲、喷头及圆弧形防飘罩装置安装位置图

Fig.2 Configuration of bi-shovels, spraying nozzles and anti-drift shields

- 1.两翼机架 2.中央机架 3.药箱 4.喷药管 5.两翼罩盖
6.喷头 7.双翼除草铲 8.单臂限深轮

3个双翼除草铲由U型卡分别固定于中央机架和两翼机架,3个单臂限深轮分别置于除草铲前方,以免地轮将已铲断草根重新压入土中。U型卡既可实现除草铲与限深轮自由拆卸,也可使其位置与间距视垄上作物行距灵活调节。

喷药液泵由拖拉机动力输出轴驱动,药箱后置,药液管路均由软管相连固定于机架上,喷头分布在管路上,喷头类型可更换,个数及间距可根据喷药作业的不同要求进行调节。

垄作喷药浅松除草机主要技术参数如表1所示。

2 关键部件设计

2.1 双翼除草铲

根据甘肃地区垄作小麦-玉米田间杂草种类繁多,发生频率高,多年生杂草根系粗大,生命力强,不易喷杀,一年生杂草多为田旋花科,藤蔓缠绕,难以彻底铲除等特点,本机选择双翼型除草铲作为机械除草部件(图3)。双翼型除草铲具有入土性能好、切断能力强、除草效率高等优点,主要用于作物行间

表 1 垄作喷药浅松除草机主要技术参数

Tab.1 Main parameters of sprayer-cultivator-combined weeder

参数	作业 垄数	中央机架宽 B ₁ /m	两翼机架宽 B ₂ /m	整机质量 W/kg	配套动力 P/kW	喷头作业高度 h ₁ /cm	喷头作业压力 p/MPa	喷头间距 h ₂ /cm	浅松作业深度 d/cm
数值	3	1.2	0.8	144.5	15	30~60	<0.5	40~60	6~10

第一、二次除草和松土作业。浅松作业有良好的除草效果,其质量取决于除草铲的技术参数^[4]。

根据垄上玉米行距,确定幅宽 $b = 250 \text{ mm}$ 。

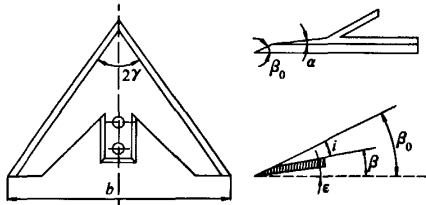


图 3 双翼型除草铲结构简图

Fig.3 Sketch of bi-shovels

翼张角 2γ 是浅松铲两翼沿着拖拉机前进方向在水平面内的夹角,只有当杂草阻力 R 的刃口分力 T 大于草根和刃口间摩擦力 F 时,草根才能顺利的沿刃口向后滑移。如图 4 所示,即 $T > F$ 。

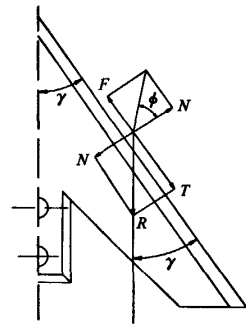


图 4 刃口受杂草作用力图

Fig.4 Forces from weeds

即 $\gamma < 90^\circ - \phi$ (1) 式中 ϕ ——杂草对铲刃摩擦角

on the wing of bi-shovel

摩擦角

一般 $\phi = 45^\circ$,因此本设计要求 $\gamma < 45^\circ$ 。为保证较好的滑切性能,翼张角 2γ 通常取值范围是 $60^\circ \sim 70^\circ$,粘湿土壤中 ϕ 角增大, γ 要取小值;在砂土中, γ 则可取大值^[5]。由于本除草铲的目标土壤是甘肃河西走廊沙壤土质,且为了保证草根被彻底切断,本设计翼张角取 $2\gamma = 70^\circ$ 。

切土角 β_0 是刃面与水平基面的夹角,切土角越小切草能力越强,因此切土角 β_0 宜取小值。由图 3 可知, $\beta_0 = i + \epsilon$,为保证铲刃锋利,刃角 i 不宜过大,应在保证强度的前提下尽量取小值,其取值范围一般为 $20^\circ \sim 25^\circ$,本设计取刃角 $i = 20^\circ$;隙角 ϵ 是铲刃下刃面与水平面的夹角,为保证刃铲的入土性能,其值不宜过小,取值范围一般为 $7^\circ \sim 10^\circ$ ^[6],本设计取隙角 $\epsilon = 7^\circ$,因此可得切土角 $\beta_0 = 27^\circ$ 。

碎土角 β 的作用是破碎表层土壤,其设计原则是保证疏松土壤,又不将底层土翻到表层,结合生产

实际情况^[7],本设计浅松铲碎土角 $\beta = 7^\circ$ 。

入土角 α 设计应满足土壤得到疏松,且土壤上下不翻转的要求^[8]。如图 5 所示。

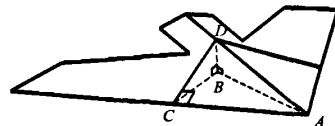


图 5 入土角与碎土角、翼张角关系示意图

Fig.5 Ubiquity of penetrating angle

$$\text{在直角} \triangle ADB \text{ 中 } \sin \alpha = \frac{l_{BD}}{l_{AD}} \quad (3)$$

$$\text{在直角} \triangle BDC \text{ 中 } \sin \beta = \frac{l_{BD}}{l_{CD}} \quad (4)$$

$$\text{在直角} \triangle ACD \text{ 中 } \tan \gamma = \frac{l_{CD}}{l_{AD}} \quad (5)$$

由式(3)、(4)得

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{l_{CD}}{l_{AD}} \quad (6)$$

将式(6)代入式(5)可得

$$\sin \alpha = \sin \beta \tan \gamma \quad (7)$$

由式(7)可知,入土角 α 由碎土角 β 和翼张角 2γ 决定,其中 $\beta = 7^\circ$, $2\gamma = 70^\circ$,因此入土角 $\alpha = \arcsin(\sin 7^\circ \tan 35^\circ) = 4.87^\circ$ 。

2.2 管路系统

整个管路系统(图 6)由药箱、液泵、调压阀、压力表、管路和喷头组成。

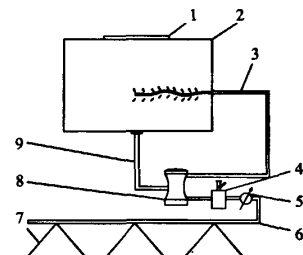


图 6 管路设计

Fig.6 Design of pipelines

1. 药箱盖 2. 药箱 3. 回流管路 4. 调压阀 5. 压力表 6. 喷药管 7. 喷头 8. 液泵 9. 出液管路

根据喷洒除草剂的推荐工作压力等于或小于 0.3 MPa ^[9],选择 ZMB 240 型活塞式隔膜泵。所用压力表最大量程为 1.5 MPa ,最小量程为 0.05 MPa 。

药液管路均由可拆卸耐高压软管组成,可根据作业需要自由调整喷头位置及间距。喷头采用具有自动防滴装置喷头,保证喷头不工作时无滴漏。喷头喷量计算式为

$$Q = \frac{MvX}{600n} \quad (8)$$

式中 Q ——喷头喷量, L/min
 M ——用药量, L/hm²
 v ——机具作业速度, km/h
 X ——工作总幅宽, m
 n ——喷头数

根据当地农药使用实际情况,用药量 M 为 300~450 L/hm², 机具作业速度 v 为 3.0~3.6 km/h, 工作总幅宽 X 为 3 m。根据垄作田间实际情况(垄面宽 700 mm, 垄中心距 1 000 mm), 确定喷头数 n 为 3, 分别置于垄面正上方 500 mm 处工作。将 M 、 v 、 X 、 n 等值代入式(8)可得, $Q = 1.5 \sim 2.7$ L/min, 根据喷头规格要求选用 st110° 标准扇形喷嘴。

回流管应尽量靠药箱底部, 并在回流管上加开小孔, 这样可增大搅拌强度^[10], 使搅拌效果更加明显, 防止药物沉淀, 有助于保持整个作业过程中药液的均匀性。

2.3 圆弧形防飘罩盖

针对甘肃地区干燥、多风等特点, 结合本机具三段可折叠式、喷药浅松相结合的结构特点, 借鉴现代防飘技术^[11], 特设计了配套的独立三段式圆弧形防飘罩盖(图7)。

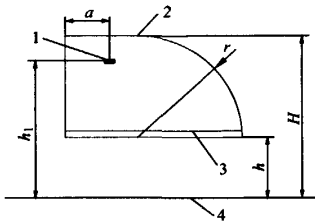


图7 两翼罩盖侧视图

Fig. 7 Side sight of anti-drift shield

1. 喷头 2. 两翼罩盖 3. 罩盖边缘凹槽 4. 地面

如图7所示, 圆弧形防飘罩盖可引导气流增加雾滴沉积, 减弱雾滴向下风向的运动能力, 减少飘失^[12], 同时可以隔离靶标和周围作物, 减少农药对周围敏感作物的药害。圆弧形防飘罩盖圆弧半径 r 主要取决于最高点工作高度 H 与最低点工作高度 h , 即

$$r = H - h \quad (9)$$

由于垄作固定道保护性耕作体系配套动力为 15 kW 拖拉机, 装上本机具后, 其液压升降系统最大

提升高度为 70 cm, 即 $H \leq 70$ cm。为完成玉米苗期行间除草作业, h 值不宜过小, 以免伤苗, 而苗间除草最佳作业时期时, 玉米平均高度约为 30~40 cm, 故取 $h = 40$ cm。将 H 、 h 分别代入式(9)中, 便可得圆弧形防飘罩盖圆弧半径 r 为 30 cm。

根据 st110° 标准扇形喷嘴工作性能, 确定喷头作业高度 h_1 应保持在 40~50 cm 之间, 方可全面均匀覆盖地面, 防止重喷漏喷。本设计中, 喷头固定于喷头固定杆上, 距机架前端横梁距离 $a = 15$ cm。

两翼罩盖端部设有挡板, 中部罩盖两端不设挡板, 与两侧罩盖贯通。有风天气作业时喷头在罩盖保护下, 雾滴不易飘失; 无风天气作业时, 可拆卸, 减轻机具质量。另外, 将罩盖内侧下端周边向上略微折起, 形成约 2 cm 深凹槽, 可收集多余药物, 避免土壤污染。

3 田间试验

3.1 试验地情况

试验地位于甘肃省酒泉市泉湖乡沙滩村, 为小麦、玉米一年一熟灌溉地, 土壤肥力比较均匀一致, 土壤地质为沙壤土, 年平均风速为 2.2~2.4 m/s。固定垄保护性耕作从 2006 年 5 月开始, 7 月份小麦收获后休闲, 秸秆还田, 次年 4 月份免耕播种玉米, 10 月份收获后秸秆粉碎还田, 来年 3 月份免耕播种小麦。垄形尺寸为垄中心距 1 000 mm, 垄台高度 150~200 mm, 垄面宽度 650~700 mm, 小麦每垄 5 行, 行距 130 mm; 玉米每垄 2 行, 行距 500 mm^[13]。

试验于 2008 年 6 月 11 日玉米苗期进行, 前茬作物为小麦, 玉米品种为东单 13, 玉米苗平均高度为 47.4 cm, 拖拉机的前进速度 1 m/s, 天气晴朗, 微风。玉米田间主要存在的多年生杂草, 有苦苣菜、田旋花、独行菜、蒲公英和斑种草等; 一年生杂草有藜、马唐、蟋蟀草、狗尾草、稗草和芥菜等, 已出土杂草平均株数为 118 株/m²。试验选用的是玉米地专用除草剂“除草松”, 以 3 750 mL/hm² 加水 30 kg 喷洒, 它是一种触杀型苗后除草剂, 有一定的内吸传导性, 选择性强, 见效快, 除草机理独特, 对作物安全。

3.2 试验设计

试验通过 5 种对比处理 A: 空白; B: 无罩盖喷雾; C: 罩盖 + 喷雾; D: 罩盖 + 喷雾 + 浅松; E: 浅松, 对杂草铲断率、杂草清除率等指标进行了田间测定, 根据试验数据评价垄作喷药浅松除草机的机械除草部分与化学喷药部分分别在单独作业以及联合作业条件下的作业性能以及杂草防治效果。杂草铲断率于试验当天操作完成后即可获得, 而杂草清除率则须作业 6 d 后才可获取。

$$C_R = \frac{B_x - A_x}{B_x} \times 100\% \quad (10)$$

$$E_R = \frac{N_0 - N_y}{N_0} \times 100\% \quad (11)$$

式中 C_R ——杂草铲断率, %

E_R ——杂草清除率, %

B_x —— x 处理下机械除草作业前田间杂草数量, 株/ m^2

A_x —— x 处理下机械除草作业后田间杂草数量, 株/ m^2

N_0 ——空白处理下试验 6 d 后田间杂草数量, 株/ m^2

N_y —— y 处理下试验 6 d 后田间杂草数量, 株/ m^2

3.3 试验结果与分析

试验数据平均值结果如表 2 所示。

表 2 玉米苗期田间对比试验杂草防治效果

Tab. 2 Weed control results from field experiments of maize

处理	当天			第 6 天	
	B_x /株· m^{-2}	A_x /株· m^{-2}	C_R /%	N_y /株· m^{-2}	E_R /%
A: 空白	104			111	
B: 无罩盖喷雾	141			9	91.9
C: 罩盖+喷雾	127			6	94.6
D: 罩盖+喷雾+浅松	106	13	87.7	3	97.3
E: 浅松	113	17	85.0	12	89.2

由表 2 可知:

(1) D、E 处理在试验当日作业后, C_R 分别达到 87.7%、85.0%, 机械除草成效均非常显著, 虽前者比后者高, 但联合作业(D)与单独作业(E)相比未显现出更好的优势。这可能与选定的检测指标 C_R 有关, 此指标只在试验当日机械作业后立即获取, 因此联合作业与否几乎对 C_R 不产生任何影响。

(2) B、C、E 处理的 E_R 分别为 91.9%、94.6%、89.2%。其中, 化学喷药两种处理 B、C 的 E_R 均非常显著, 且后者比前者高, 说明罩盖在防止雾滴飘失、提高药液利用效率等方面起到一定的作用, 有良好的防风、防飘作用, 但由于风较小, 差异并不显著。而化学喷药作业两种处理(B、C)均比机械浅松作业(E)的 E_R 高, 说明单独作业时化学除草比机械浅松有更好的杂草防治效果。这是因为机械除草只能针对垄上行间杂草进行铲除, 玉米行外侧以及垄沟内的杂草均无法铲除, 而化学喷药作业则可覆盖整个作业区, 使杂草得到了全方位的喷杀。但鉴于化学除草会造成不必要的药液浪费以及土壤污染, 并且长期使用会形成杂草的抗药性, 从而加大用药需求量, 进而形成恶性循环, 因此需要其他除草方法如机械浅松与其互补配合, 综合防治。

(3) C、D、E 处理的 E_R 分别为 94.6%、97.3%、89.2%, 说明机械浅松与化学喷药相结合的联合作业方式比化学喷药单独作业方式以及机械浅松单独作业方式除草效率均要高。联合作业方式下, 浅松与喷药作用互补, 无论垄上或垄沟、无论一年生杂草或多年生杂草均可得到有效的控制。

由以上数据分析可知, 在甘肃河西走廊固定垄保护性耕作模式下, 机械浅松与化学喷药相结合的联合作业方式为最佳杂草防治方式。该方式下不仅可以通过除草铲及时高效地铲断杂草, 还能通过化学喷药对杂草生长起到一定的长效抑制作用, 很好地满足了当地除草农艺要求。此外, 该联合作业方式下由于机械与化学的互补作用, 除草效果明显, 这样既减少了机具下地作业次数, 减小了动土量, 又降低了化学药液用量, 减少污染。

4 结论

(1) 针对甘肃河西走廊固定垄保护性耕作田间因长年免耕杂草繁多而又无有效除草机具等问题, 采用化学喷药与机械浅松相结合的原理, 设计了一台垄作喷药浅松除草机。

(2) 田间试验表明: 在甘肃河西走廊固定垄保护性耕作模式下, 在玉米地中双翼浅松铲可有效铲断杂草, 单独作业时杂草清除率达 89.2%; 圆弧形防飘罩盖起到了良好的防风防飘作用; 化学喷雾单独作业方式因覆盖性较好, 比机械浅松单独作业方式有更好的杂草防治效果, 其杂草清除率达 94.6%; 机械浅松与化学喷药相结合的联合作业方式比机械浅松单独作业方式以及化学喷雾单独作业方式下杂草防治效果均要好, 杂草清除率可达 97.3%, 即在甘肃河西走廊地区固定垄保护性耕作模式下机械浅松与化学喷药相结合的联合作业方式为最佳杂草防治方式。

参 考 文 献

- 1 白勇. 河北坝上保护性耕作麦田杂草管理技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.
Bai Yong. Experimental study on weed management system for spring wheat under conservation tillage on the ba-shang plateau of Hebei, China[D]. Beijing: China Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- 2 古燕. 玉米免耕播种喷药联合作业机研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
Gu Yan. Study on the seeding and spraying combined machine for no-till maize[D]. Beijing: China Agricultural University, 2005. (in Chinese)
- 3 张国. 弹齿式少耕除草机的试验研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
Zhang Guo. Study and test of the elastic handle weeding machine[D]. Beijing: China Agricultural University, 2007. (in Chinese)
- 4 孔德军, 王世学, 高焕文. 保护性耕作条件下松耕作业机具的讨论[J]. 农机化研究, 2004(1):184~186.
Kong Dejun, Wang Shixue, Gao Huanwen. Research on loosening implements under conservation tillage[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2004(1):184~186. (in Chinese)
- 5 桑正中. 农业机械学;上册[M]. 2版. 北京:机械工业出版社, 1987.
- 6 朱克亮. 浅松关键部件的试验研究及其测力系统的开发[D]. 北京: 中国农业大学, 2001.
Zhu Kelang. Study on the key parts of shallow-tiller and its force-testing system based on virtual instruments[D]. Beijing: China Agricultural University, 2001. (in Chinese)
- 7 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册;上册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- 8 孔德军. 浅松机设计及其参数优化[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
Kong Dejun. Design of topsoil cultivator and optimization of parameters[D]. Beijing: China Agricultural University, 2004. (in Chinese)
- 9 GB/T 17997—1999. 农药喷雾机(器)田间操作规程及喷洒质量评定[S].
GB/T 17997—1999. Evaluating regulation for the operation and spraying quality of sprayers in the field [S]. (in Chinese)
- 10 何雄奎, Kleisinger S, 吴罗罗, 等. 动力学因素和药箱充满程度对喷雾机液力搅拌器搅拌效果的影响[J]. 农业工程学报, 1999, 12(4):131~134.
He Xiongkui, Kleisinger S, Wu Lu Luo, et al. Influences of dynamic factors and filling level of spray in the tank on the efficacy of hydraulic agitation of the sprayer[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 12(4):131~134. (in Chinese)
- 11 陶雷, 何雄奎, 曾爱军, 等. 开口双圆弧罩盖减少雾滴飘失效果的CFD模拟[J]. 农业机械学报, 2005, 36(1):35~37.
Tao Lei, He Xiongkui, Zeng Aijun, et al. CFD simulation of open doubled-foil shield on reducing spray drift[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(1):35~37. (in Chinese)
- 12 宋坚利, 何雄奎, 曾爱军, 等. 罩盖喷杆喷雾机的设计与防飘试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(8):74~77.
Song Jianli, He Xiongkui, Zeng Aijun, et al. Design and anti-drift efficacy evaluation of a new shield boom sprayer [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(8):74~77. (in Chinese)
- 13 何进. 北方灌溉区固定垄保护性耕作技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
He Jin. Study on permanent raised beds in irrigation areas of Northern China[D]. Beijing: China Agricultural University, 2007. (in Chinese)

垄作喷药浅松除草机设计

作者: [胡亚鲜](#), [王晓燕](#), [李洪文](#), [何进](#), [Hu Yaxian](#), [Wang Xiaoyan](#), [Li Hongwen](#), [He Jin](#)
 作者单位: [中国农业大学工学院, 北京, 100083](#)
 刊名: [农业机械学报](#) 
 英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY FOR AGRICULTURAL MACHINERY](#)
 年, 卷(期): 2009, 40(7)
 被引用次数: 6次

参考文献(13条)

1. [白勇](#) [河北坝上保护性耕作麦田杂草管理技术研究](#)[学位论文] 2006
2. [古燕](#) [玉米免耕播种喷药联合作业机研究](#)[学位论文] 2005
3. [张国](#) [弹齿式少耕除草机的试验研究](#)[学位论文] 2007
4. [孔德军](#); [王世学](#); [高焕文](#) [保护性耕作条件下松耕作业机具的讨论](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2004(01)
5. [桑正中](#) [农业机械学](#) 1987
6. [朱克亮](#) [浅松关键部件的试验研究及其测力系统的开发](#)[学位论文] 2001
7. [中国农业机械化科学研究院](#) [农业机械设计手册](#) 1988
8. [孔德军](#) [浅松机设计及其参数优化](#)[学位论文] 2004
9. GB/T 17997-1999. [农药喷雾机\(器\)田间操作规程及喷洒质量评定](#)
10. [何雄奎](#); [Kleisinger S](#); [吴罗罗](#) [动力学因素和药箱充满程度对喷雾机液力搅拌器搅拌效果的影响](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 1999(04)
11. [陶雷](#); [何雄奎](#); [曾爱军](#) [开口双圆弧罩盖减少雾滴飘失效果的CFD模拟](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2005(01)
12. [宋坚利](#); [何雄奎](#); [曾爱军](#) [罩盖喷杆喷雾机的设计与防飘试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2007(08)
13. [何进](#) [北方灌漑区固定垄保护性耕作技术研究](#)[学位论文] 2007

本文读者也读过(10条)

1. [梁远](#). [汪春](#). [张伟](#). [车刚](#). [马永财](#). [杨忠国](#). [Liang Yuan](#). [Wang Chun](#). [Zhang Wei](#). [Che Gang](#). [Ma Yongcai](#). [Yang Zhongguo](#) [3ZCS-7型复式中耕除草机的设计](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2010, 32(6)
2. [保护性耕作土壤浅松除草机的设计](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(11)
3. [刘晓芳](#). [刘丽](#). [谭振军](#). [牛剑峰](#) [5ZCS-50型手扶松土除草机的研究与设计](#)[期刊论文]-[辽宁林业科技](#)2004(2)
4. [陈国才](#). [堉邦生](#) [机械化保护性耕作新型机具——浅耕除草机](#)[期刊论文]-[当代农机](#)2007(11)
5. [张国](#) [弹齿式少耕除草机的试验研究](#)[学位论文]2007
6. [李江国](#). [刘占良](#). [张晋国](#). [李洪文](#). [张小丽](#). [赵娟伟](#). [LI Jiang-guo](#). [LIU Zhan-liang](#). [ZHANG Jin-guo](#). [LI Hong-wen](#). [ZHANG Xiao-li](#). [ZHAO Juan-wei](#) [国内外田间机械除草技术研究现状](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2006(10)
7. [吴崇友](#). [张敏](#). [金诚谦](#). [涂安富](#). [卢晏](#). [肖体琼](#). [Wu Chongyou](#). [Zhang Min](#). [Jin Chengqian](#). [Tu Anfu](#). [Lu Yan](#). [Xiao Tiqiong](#) [2BYS6型水田中耕除草机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2009, 40(7)
8. [程远输](#). [杨秀兰](#) [果园松土除草轮的研究](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)1999, 30(4)
9. [魏兆凯](#). [张修春](#). [Wei Zhaokai](#). [Zhang Xiuchun](#) [大豆苗间除草松土机的设计](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(6)
10. [韩豹](#). [李悦梅](#). [申建英](#). [HAN Bao](#). [LI Yuemei](#). [SHEN Jianying](#) [水平圆盘式苗间松土除草装置的设计与试验](#)[期刊论文]-[东北农业大学学报](#)2010, 41(7)

引证文献(8条)

1. [戴飞](#). [张锋伟](#). [赵春花](#). [胡清明](#). [韩正晟](#). [冯永忠](#) [快速腐熟秸秆还田机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)

2010(4)

2. 车刚, 张伟, 梁远, 马永财, 杨忠国 [3ZFC-7型全方位复式中耕机的设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(1)
3. 韩豹, 申建英, 李悦梅 [3ZCF-7700型多功能中耕除草机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(1)
4. 戴飞, 张锋伟, 张克平, 胡靖明, 冯永忠, 韩正晟 [秸秆留茬翻埋快速腐熟技术及配套机具研究](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2010(6)
5. 韩豹, 李悦梅, 申建英 [水平圆盘式苗间松土除草装置的设计与试验](#)[期刊论文]-[东北农业大学学报](#) 2010(7)
6. 车刚, 张伟, 梁远, 马永财, 杨忠国 [3ZFC-7型全方位复式中耕机的设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(1)
7. 韩豹, 申建英, 李悦梅 [3ZCF-7700型多功能中耕除草机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(1)
8. 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](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2010(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyjxxb200907013.aspx