

DOI:CNKI:61-1390/S. 20110907. 1109. 032

网络出版时间:2011-09-07 11:09

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20110907.1109.032.html>

关中原区油菜机械直播技术研究

黄耀明¹, 余建国¹, 闫小丽²

(1 陕西省宝鸡市农机管理推广中心, 陕西 宝鸡 721006;

2 西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**对气吸式、窝眼式和海绵式 3 种具有不同排种器形式的油菜播种机的作业质量进行对比研究。**【方法】**在关中原区油菜大面积种植区域选择具有代表性的试验区, 采用单因素试验和大田试验, 对 3 种播种机的作业质量和可靠性等进行检测, 并对机械播种和人工撒播的作业成本进行经济核算。**【结果】**油菜机播的适宜土壤含水率为 20%~30%, 适宜播深为 1 cm。气吸式播种机的最佳播量为 1.5~2.0 kg/hm², 窝眼式播种机的最佳播量为 3.0~3.5 kg/hm², 海绵式播种机的最佳播量为 4.5~5.0 kg/hm²。气吸式播种机的作业质量最好, 最节约种子; 其次是窝眼式和海绵式。油菜机播较人工撒播节约种子, 降低成本达 50% 以上。**【结论】**建议小规模农户选用窝眼式油菜播种机, 合作社、种植大户适宜选用气吸式油菜播种机。

[关键词] 关中原区; 油菜; 机械直播

[中图分类号] S634.304+.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)10-0228-07

Experimental research on rape seeders in Guanzhong area

HUANG Yao-ming¹, YU Jian-guo¹, YAN Xiao-li²

(1 Baoji Agricultural Machine Management and Extension Center, Baoji, Shaanxi 721006, China;

2 College of Mechanic & Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】**The operation quality of three rape seeders with different metering, sponge disc friction metering, alveolar metering and pneumatic metering was tested in this paper. **【Method】**Typical experimental area, operation quality and reliability of three rape seeders were tested by using single factor experiments, land trial and controlled trial. And both operation cost of mechanical seeding and manual seeding were also calculated. **【Result】**The suitable soil moisture was from 20% to 30% and the best seeding depth was 1 cm using mechanical seeding. The optimized seeding quantity for the pneumatic rape seeder, alveolar rape seeder and the sponge disc friction rape seeder was respectively between 1.5 to 2.0 kg/hm², 3.0 to 3.5 kg/hm², 4.5 to 5.0 kg/hm². Operation quality of the pneumatic rape seeder was the best and it also needed least seeds compared with the others. The alveolar rape seeder was next and the sponge disc friction rape seeder was worse. Mechanical rape seeding would save over 50% operation cost compared with manual seeding. **【Conclusion】**The paper suggested that the alveolar rape seeder is suitable for farmers with small land, but for farmers with large land or professional cooperatives the pneumatic rape seeder is better.

Key words: Guanzhong area; rape; mechanical seeding

油菜是我国重要的油料作物和经济作物,也是 良好的蛋白质作物和饲料作物,市场前景广阔。但

* [收稿日期] 2011-03-25

[基金项目] 陕西省农业科技攻关项目(陕农机办(2008)129号)

[作者简介] 黄耀明(1962—),男,陕西武功人,高级工程师,主要从事农机管理与推广研究。E-mail:baoyijyg@163.com

[通信作者] 闫小丽(1969—),女,陕西永寿人,副教授,硕士生导师,主要从事农业装备研究。E-mail:yx19212@nwsuaf.edu.cn

我国油菜生产存在低效率和高用工等问题,而随着劳动力逐渐向城市转移,劳动力缺乏、生产成本加大已成为我国油菜生产发展的主要制约因素^[1-3]。

我国油菜种植方式大致分为育苗移栽和直播 2 种。育苗移栽是指在苗床上提前播种育苗,然后移栽,它可以明显提高油菜产量,但需要一定的配套措施和充足的劳力,现在很多地区都不能满足这些要求。油菜直播是指不经过育苗阶段,直接将油菜籽进行播种,该方式并非高产、超高产栽培方式,但省工、省时,能获得接近于移栽方式的产量,且有利于机械化播种的实现,因此油菜机械直播成为油菜生产的发展趋势^[4]。

油菜播种机是实现油菜机械播种的必备机具,其播种性能的好坏直接关系到油菜的生产和产量。虽然生产企业和科研部门已研发出多种油菜直播机,但由于各个区域土壤等环境因素的差异,推广应用之前,必须做好试验选型工作^[5-10]。

陕西省年油菜种植面积约 17 万 hm^2 ,其中陕南地区 13 万 hm^2 ,宝鸡、咸阳、铜川、渭南等关中原区约 4 万 hm^2 ,占全省种植面积的 1/5。受气候因素和耕作制度的影响,陕南的油菜种植多采用先育苗后移栽的种植方式,关中原区大多采用玉米-小麦-油菜两年三熟的轮作耕作方式或油菜一年一熟的耕作方式,且均采用直播的种植方式。

2008 年起陕西省农机局开展了关中原区油菜机械化播种和收获的机具引进、试验研究和技术推广工作。本研究在此工作基础上,在关中原区油菜大面积种植区选择具有代表性的区域,通过单因素试验和大田试验,对气吸式、窝眼式和海绵式 3 种典型的油菜直播机的适应性、作业质量、经济效益进行研究,旨在为关中原区油菜机械直播技术推广提供依据。

1 试验条件

1.1 试验地概况

试验区设在关中原区中部平原台原区的宝鸡市金台区陵原乡宝陵村和陈仓区慕仪镇五星村。该区域实行玉米-小麦-油菜两年三熟的轮作种植体系。第 1 年的 6 月中旬免耕种植夏玉米,9 月底 10 月初收获玉米后立即种植小麦,次年 6 月中旬小麦收获后,经过 3 个月左右的休闲期,9 月中旬对麦茬地进行深翻或深旋耕作业处理后种植油菜。2 个试验点均设置大田作业区和核心试验区,每个大田作业区面积约为 10 hm^2 ;在各试验区选择地块均匀、面积

约为 6 hm^2 的地区为核心试验区,将其划分成 3 个试验小区,面积分别为 2.4、1.8 和 1.8 hm^2 ,用于单因素试验。

该试验区海拔高度 716~730 m,属于暖温带半湿润大陆性季风气候,冬冷夏热,春暖秋凉,四季分明。年平均降水量 664 mm,分布极不均匀,4—10 月份降水占全年降水总量的 90%,其中 5—9 月份为多雨期,7—9 月份为主汛期,主汛期的降水量占全年的 60%,秋凉湿润、秋淋频繁,易造成水土流失。年日照时间 2 100 h,全年无霜期 210 d 左右。土壤类型以黏土和娄土为主。

1.2 播种机准备

直播机是实现机械化播种的主要工具,不同形式的排种器是油菜直播机的核心部件。本试验选择了 3 种具有不同排种器形式的油菜直播机:武汉黄鹤拖拉机制造有限公司生产的 2BFQ-6C 型气吸式油菜精量播种机;西安大洋农机科技有限公司经过改制生产的 2BFY-4 型窝眼式播种机;山西运城大渠施肥播种机厂生产的 2BF6M-6 型海绵式多用途免耕施肥播种机。这 3 种油菜直播机都可以一次完成开沟、施肥、播种、覆土、镇压等多项工序。

为了确保试验条件的均匀性,2 个试验点的大田试验和单因素试验同时进行,因此每个试验点需要每种播种机各 2 台,其中 1 台用于大田作业,另 1 台用于单因素试验,总计需要 6 台播种机。作业前对试验机具进行保养、调试,使其各项参数一致,以保持最佳的工作状态。

1.3 种子处理

选择关中原区广泛种植的甘杂 1 号油菜品种,其千粒质量为 3.2 g,含水率 11.5%,清洁度 98.6%,发芽率 97%,播前用辛硫磷拌种,以防治地下害虫。

1.4 试验地准备

试验地块在播前施足底肥,施肥量为:磷肥 750 kg/hm^2 ,氮肥 750 kg/hm^2 ,地表进行深旋处理。做到地表平整,土壤细碎,在适合的播期和墒情下播种。

1.5 田间管理要求

(1)播种时及小苗期重点防治蝼蛄,用敌百虫和麸皮与油渣拌匀,分 3 次撒于地表防虫。第 1 次为播种当天,第 2 次为露苗时,第 3 次为苗出齐时。春节前后防治地象甲。

(2)适时间苗定苗,人工间苗种植密度控制在 18~22.5 万株/ hm^2 ;机械收获田块留苗宜在 27~

30 万株/hm²。

(3)春节后返青时追施尿素 150 kg/hm² 左右。

(4)适时防治蚜虫等其他病虫害。

2 试验设计

试验于 2010-09-05—15 在试验区进行。试验分为单因素试验和大田试验。

2.1 单因素试验

播种深度、播量和土壤墒情是播种作业的关键因素^[11-13]。为此,本研究选取播种深度、播量和土壤含水率 3 个因素分别进行单因素试验,测试不同因素水平下的播种效果,确定油菜播种的最佳作业条件。

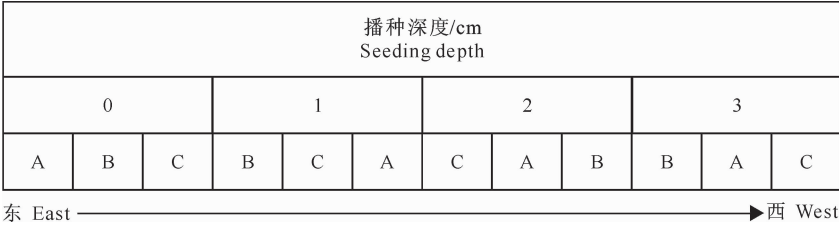


图 1 播种深度单因素试验方案
A. 海绵式播种机;B. 窝眼式播种机;C. 气吸式播种机。下图同

Fig. 1 Experimental scheme of seeding depth

A. Sponge disc friction rape seeder;B. Alveolar rape seeder;C. Pneumatic rape seeder. The following figures are the same

2.1.2 土壤含水率单因素试验 油菜播种季节正值雨季,土壤墒情的变化对播种的作业质量影响很大^[13-14]。试验取 3 个水平,分别在雨后 3,4 和 5 d 进行播种作业,测得土壤含水率分别为 33%,26% 和 17%,测定每种机具在不同土壤含水率下的出苗率。试验方案如图 2 所示。

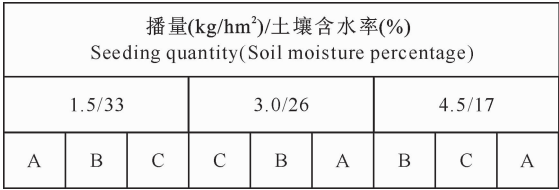


图 2 播量和土壤含水率试验方案

Fig. 2 Experimental scheme of seeding quantity and soil moisture percentage

2.1.3 播量单因素试验 油菜播量过小会造成缺苗,过大又会增加间苗、定苗用工,浪费种子。合适的播量是在保证基本出苗数基础上的最小播量。

试验设计了 1.5,3.0 和 4.5 kg/hm² 3 个不同播量,测定播种出苗和定苗后的平均百米缺苗数,以此验证播种机的播种均匀性,从而确定每种播种机的最适播量。试验方案如图 2 所示。

2.1.1 播种深度单因素试验 播种深度设 0,1,2 和 3 cm 4 个水平。其中 0 cm 是排种脚直接播种在地表上,去掉播种机后面的覆土轮而不覆土;其他 3 个深度是指调整排种脚入土深度,覆土轮覆土后种子与地表的平均深度。

在 2 个试验点的核心试验区内选取面积为 2.4 hm² 的区域(南北宽 150 m,东西长 160 m),按照从东到西划分为 12 个小区,每个小区的面积为 0.2 hm²。为了确保试验数据的可比性,每一个播种深度下 3 种播种机同时进行播种作业,播量均为 4.5 kg/hm²。试验方案如图 1 所示。在定苗前对每种机型播种的地块随机选择 10 行,每行选择 1 m,记录油菜苗数,取 2 个试验点的平均值作为试验数据。

在 2 个试验点分别选取 1.8 hm² 的区域,将该区域划分为 9 个小区,每个小区面积为 0.2 hm²,每一个水平下 3 种播种机同时作业,播种深度均为 1 cm。测定每种机具在不同播量情况下的百米缺苗数和缺苗率。按照定苗后 20 万株/hm² 基本苗计算,理论百米出苗数应为 997 株。每个试验小区随机取 10 行,每行随机取 100 m,记录其实际出苗数。平均百米缺苗数和缺苗率的计算公式如下:

平均百米缺苗数 =
$$\frac{\sum_{i=1}^{10} |\text{实际出苗数} - \text{理论出苗数}|}{10}$$

缺苗率 = 平均百米缺苗数 / 理论百米出苗数 × 100%。

取 2 个试验区的平均值作为试验数据。

在 2 个试验点选取 1.8 hm² 的区域,将该区域划分为 9 个小区,每个小区的面积为 0.2 hm²,每一个水平下 3 种播种机同时作业,播量为 3.0 kg/hm²,播种深度均为 1 cm。测定每种机具在不同土壤含水率情况下的出苗数,方法同 2.1.1,取 2 个试验点的平均值作为试验数据。

2.2 大田试验

大田试验的目的是对 3 种播种机的作业质量和作业可靠性进行测试,并同时以人工撒播为对照进

行作业成本的核算。在试验区进行大面积播种作业,测试每种播种机的故障率、生产率、出苗数和播种均匀性。

2.2.1 试验方案 大田作业区面积大,考虑到地块的均匀程度给试验造成的误差,将试验区分成 3 个区组,每个区组内设置 3 个试验,每个试验的条件为:播量 3.0 kg/hm²,播种深度 1 cm,作业面积为 3.3 hm²。为消除试验误差,试验点随机排列。试验数据取 2 个试验点 6 个数据的平均值。

为了消除地块可能带来的试验误差,人工撒播的试验点紧邻大田试验区,分别位于 2 个试验点大田试验区的两侧,分 2 个区组,每个区组面积为 0.5 hm²,取 2 个试验点 4 个区组的平均值为试验值,人工撒播和大田试验同步进行,人工撒播按照当地的传统油菜作业规范进行,播量为 6.0 kg/hm²。试验方案见图 3。

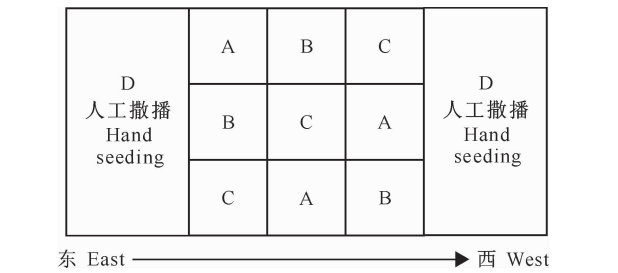


图 3 大田试验方案

Fig. 3 Land experimental scheme

2.2.2 测试项目及方法 (1)详细记录每种机具的播种面积、播种时间、故障发生次数,计算机具的平均无故障工作时间和生产率。

(2)在油菜长出 3 片叶时,即在定苗前对每种机型播种的地块随机选择 10 行,每行选择 1 m,记录

油菜苗数。同时计算播种的均匀性变异系数,其值越小,播种的均匀性越好,计算公式如下:

均匀性变异系数 =
$$\frac{\sum_{i=1}^{10} (\text{每点苗数} - \text{平均苗数})}{\text{总苗数}} \times 100\%。$$

(3)分别测算人工播种作业与机械播种的用工量、节约种子量和间苗用工量,计算机械播种的节本增效额。

3 结果与分析

3.1 单因素试验结果

3.1.1 适宜播种深度的确定 由表 1 可见,3 种油菜播种机均在播种深度为 1 cm 时出苗率最高,平均为 54.8%;2 cm 的次之,平均为 44.2%;3 cm 和 0 cm 的出苗率较低,平均分别为 28.6%和 27.5%,且随着播种深度的增加苗情偏弱。因此建议最佳播种深度为 1 cm。

3.1.2 适宜土壤含水率的确定 由表 1 可见,在含水率为 17%,26%和 33%下,3 种油菜播种机的平均出苗率分别为 41.5%,53.6%和 58.1%,表现为土壤含水率越高出苗率越高。这主要是由于机械化播种油菜时的开沟、施肥、播种和覆土等农艺环节均在 1 次作业工序内完成,因此种床水分蒸发少,有利于种子吸收水分发芽出苗。但当土壤含水率过大时,土块偏大,播种机机组对土壤的压实加剧,种子被压实而难以出苗,另外播后的覆土性能相对降低,也导致出苗的均匀性不好^[14-15]。同时,随着土壤含水率的增大,肥管与种管的堵塞情况趋于严重,会影响播种机的正常工作。因此建议油菜播种的适宜土壤含水率为 20%~30%。

表 1 播种深度和土壤含水率对油菜出苗率的影响

Table 1 Effect of seeding depth,soil moisture on rape seedling rate

机型 Type	播种深度/cm Seeding depth	出苗率/% Seeding rate	土壤含水率/% Soil moisture	出苗率/% Seeding rate
海绵式播种机 Sponge disc friction rape seeder	0	23.4	17	37.7
	1	50.4	26	47.8
	2	41.8	33	53.2
	3	24.8		
窝眼式播种机 Alveolar rape seeder	0	31.0	17	45.5
	1	57.9	26	58.8
	2	47.7	33	62.4
	3	30.1		
气吸式播种机 Pneumatic rape seeder	0	28.1	17	41.2
	1	56.0	26	54.3
	2	43.2	33	58.7
	3	30.9		

3.1.3 适宜播量的确定 播量对油菜出苗的影响见表 2。

表 2 播量对油菜出苗的影响

Table 2 Effect of seeding quantity on rape emergence			
机型 Type	播量/ (kg·hm ⁻²) Seeding quantity	平均百米缺苗数 Average number of missing seedling in 100 m	缺苗率/% Ratio of missing seedling
海绵式播种机 Sponge disc friction rape seeder	1.5	44.0	5.28
	3.0	22.5	2.70
	4.5	11.0	1.32
窝眼式播种机 Alveolar rape seeder	1.5	28.0	3.36
	3.0	3.0	0.36
	4.5	0.4	0.05
气吸式播种机 Pneumatic rape seeder	1.5	3.1	0.37
	3.0	0.8	0.10
	4.5	0.0	0.00

由表 2 可以看出,当播量为 1.5 kg/hm² 时,气吸式播种机的百米缺苗数最小,仅为 3.1 株;窝眼式播种机的缺苗数较高,为 28 株;海绵式播种机的缺苗数最高,达 44 株。随着播量的增加,3 种播种机播种的缺苗率都有所下降。通过比较分析可以得出,油菜播量越大,缺苗率越低。气吸式播种机播量从 1.5 kg/hm² 增至 4.5 kg/hm² 时,百米缺苗数变化不大,仅相差 3.1 株。窝眼式播种机播量从 1.5

kg/hm² 增至 3.0 kg/hm² 时,百米缺苗数变化较大,达到 25 株;而播量从 3.0 kg/hm² 增至 4.5 kg/hm² 时,百米缺苗数仅相差 2.6 株。而海绵式播种机在播量变化的情况下,其百米缺苗数变化较大。由于油菜播量过小会造成一定缺苗,过多又会增加间苗、定苗用工,浪费种子。因此,对于气吸式播种机建议播量为 1.5~2.0 kg/hm²,窝眼式播种机播量为 3.0~3.5 kg/hm²,海绵式播种机播量为 4.5~5.0 kg/hm²。

3.2 大田试验

3.2.1 播种机工作可靠性试验结果 由表 3 可见,海绵式播种机、窝眼式播种机和气吸式播种机 3 种油菜直播机基本能够满足油菜机械直播所需工序的要求,但机具工作可靠性普遍不高,平均无故障工作时间分别为 7.6、11.5 和 8.5 h,故障主要表现为螺丝松动、焊点开裂、肥管堵塞等。相比较而言,窝眼式播种机工作可靠性最高,气吸式次之,而海绵式最差。

由表 3 可知,气吸式油菜播种机的生产率最高,为 0.4 hm²/h;窝眼式和海绵式的生产率相当,分别为 0.3 和 0.27 hm²/h。气吸式油菜播种机生产率较窝眼式播种机高 33%,较海绵式播种机高 48%。

表 3 不同类型油菜直播机的作业可靠性和均匀性试验结果比较

Table 3 Comparison of reliability and seeding uniformity of three different rape seeders

机型 Type	播种面积/hm ² Seeding area	故障发生次数 Failure times	平均无故障 工作时间/h Average time without failure	生产率/(hm ² ·h ⁻¹) Productivity	均匀性 变异系数/% Coefficient of seeding uniformity
海绵式播种机 Sponge disc friction rape seeder	12.3	6	7.6	0.27	37.2
窝眼式播种机 Alveolar rape seeder	15.3	4	11.5	0.30	30.6
气吸式播种机 Pneumatic rape seeder	10.2	3	8.5	0.40	18.3

3.2.2 播种质量 由表 3 可见,3 种油菜直播机的播种均匀性变异系数均达到了《谷物播种机产品质量分等标准——质量指标》(JB/NQ 93.13-88)中优等品(40%)的标准。但海绵式油菜播种机有缺苗断垄现象。

3.2.3 机械直播的经济效益 油菜机械直播与人工撒播在生产投入上的不同表现在 3 个部分:种子费用及播种、间苗的作业费用。一般机械直播较传统人工撒播的种子用量减少 50%,若采用精量播种机种子的费用还会大幅度减少。由于机械直播种子用量减少,间苗的用工量也随之减少,节省了费用,

节约了农时。本研究中 2 种播种方式的经济核算结果见表 4。由表 4 可见,在关中原区,采用机械直播在播种作业上较人工撒播投入减少 1 610 元/hm²,极大地减少了农民的经济负担和劳动强度,降低了用工量。3 种机具的购机成本为,气吸式 15 000 元/台,为最高;窝眼式次之,4 400 元/台;海绵式最便宜,2 600 元/台。综合作业效率、作业成本和购机成本,建议小地块农户采用油菜机播适宜使用窝眼式油菜播种机;合作社、种植大户大规模油菜机播适宜使用气吸式油菜播种机。

表 4 不同播种方式下农业投入成本的比较

Table 4 Comparison of agricultural investment per unit area in different seeding methods

播种方式 Seeding method	播种作业 Seeding		间苗作业 Thinning seedling		种子费用 Cost of seed		合计/ (元·hm ⁻²) Total cost
	用工量/人 Labor number	总费用/ (元·hm ⁻²) Cost	用工量/人 Labor number	总费用/ (元·hm ⁻²) Cost	播量/ (kg·hm ⁻²) Seed quantity	总费用/ (元·hm ⁻²) Cost	
人工撒播 Hand seeding	30	1 200	30	1 200	6	420	2 820
机械播种 Mechanical seeding	0	600	10	400	3	210	1 210

注:油菜种子 70 元/kg;油菜人工撒播 6.0 kg/hm²,机械播种 3.0 kg/hm²;用工费用 40 元/(人·d);油菜机械播种作业费用为 600 元/hm²。

Note:Rape seed 70 yuan/kg;Seeding quantity of hand sowing 6.0 kg/hm²,Seeding quantity of mechanical sowing 3.0 kg/hm²;Labor cost 40 yuan/d;Cost of mechanical sowing 600 yuan/hm².

4 结 论

1)3 种油菜播种机基本能够满足油菜播种作业的各项工序要求,作业效率高、节约种子。但机具的工作可靠性普遍不高,制造质量有待提高。

2)气吸式播种机的播种精度和均匀性最好,其次是窝眼式播种机,海绵式播种机最低。在节约种子、保证苗齐的情况下,建议关中原区气吸式播种机播量为 1.5~2.0 kg/hm²,窝眼式播种机播量为 3.0~3.5 kg/hm²,海绵式播种机播量为 4.5~5.0 kg/hm²。

3)油菜机播的适宜土壤含水率为 20%~30%,适宜播深为 1 cm。

4)与人工撒播相比,油菜机播节本增效 1 610 元/hm²,节约了 50%的生产费用,同时减少了用工量,减轻了农民的劳动强度。

5)综合作业效率、购机成本、播种精度等因素,建议小地块小规模农户油菜机播适宜使用窝眼式油菜播种机;合作社、种植大户大规模油菜机播适宜使用气吸式油菜播种机。

[参考文献]

[1] 郭超永,朱 明.我国油菜直播的研究现状[J].农机化研究,2009(10):223-225.

Guo C Y,Zhu M. The domestic research status of direct seeding rape[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009(10):223-225. (in Chinese)

[2] 张宇文,李秋孝,王西红,等.油菜精量播种技术研究[J].西北农业学报,2002,11(2):93-96.

Zhang Y W,Li Q X,Wang X H,et al. Cultural practices on the precise sowing of rape[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2002,11(2):93-96. (in Chinese)

[3] 张宇文,郭亚茹,雷绪芳,等.大力推广油菜精密播种技术[J].农机科技推广,2007(7):33.

Zhang Y W,Guo Y R,Lei X L,et al. Extension rape precise

seeding technology [J]. Agricultural Machinery Technology Extension,2007(7):33. (in Chinese)

[4] 包月红,浦慧明.油菜全程机械化生产配套农艺技术研究.Ⅲ:机直播油菜高产栽培关键技术[J].江苏农业科学,2009(4):82-83.

Bao Y H,Pu H M. Study on agronomical techniques for mechanical production of rape seeding. Ⅲ:Key high yield cultivation techniques of directed seeding rape seeding [J]. Jiangsu Agricultural Sciences,2009(4):82-83. (in Chinese)

[5] 张宇文,邹 剑,张文超,等.油菜机械精量播种技术及多功能精量排种器的研制[J].中国农机化,2003(2):28-30.

Zhang Y W,Zou J,Zhang W C,et al. Precise seeding technology for rape and development of multi-functional precise seeding apparatus [J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2003(2):28-30. (in Chinese)

[6] 张宇文.机械式多功能排种器的设计[J].农业机械学报,2005,36(3):51-54.

Zhang Y W. Design of mechanical multi-function metering [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005,36(3):51-54. (in Chinese)

[7] 初尔庄,周凤林.一种多功能排种器:弹性材料转动盘摩擦式排种器[J].内蒙古农业大学学报,2005,26(4):61-63.

Chu E Z,Zhou F L. A multi-function device:Elasticity-material turning disc friction seeding apparatus [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University,2005,26(4):61-63. (in Chinese)

[8] 李善军,廖庆喜,张衍林,等.油菜播种机斜窝眼偏心轮式排种器结构设计[J].农机化研究,2008(8):72-74.

Li S J,Liao Q X,Zhang Y L,et al. The design of the inclined-hole and partial-wheel seeding device of the rape sower [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(8):72-74. (in Chinese)

[9] 吴明亮,官春云,高晓燕,等.偏心轮型孔轮式排种器排种油菜极限转速试验[J].农业工程学报,2010,26(6):119-123.

Wu M L,Guan C Y,Gao X Y,et al. Test on limit turning speed of eccentric round hole-wheel seed meter for rape [J]. Transactions of the CSAE,2010,26(6):119-123. (in Chinese)

[10] 杨松华,孙裕品,马成林,等.气力轮式精密排种器参数优化[J].农业工程学报,2008,24(2):116-120.

Yang S H,Sun Y J,Ma C L,et al. Optimization of parameters of air-blowing vertical-rotor type precision seed-metering device [J]. Transaction of the CSAE,2008,24(2):116-120. (in Chinese)

[11] 李自华,柯宝康. 农业机械学 [M]. 北京:中国农业出版社,2003.

Li Z H,Ke B K. Agricultural machinery [M]. Beijing:China Agricultural Press,2003. (in Chinese)

[12] 赵进辉,吴明亮,汤楚宙,等. 油菜籽粒物理特性对排种器性能影响的试验研究 [J]. 湖南农业机械,2004(1):18-19.

Zhao J H,Wu M L,Tang C Z,et al. Research on effect of rape seed's physical characteristics on metering operational quality [J]. Hunan Agricultural Machinery,2004(1):18-19. (in Chinese)

[13] 吴明亮,官春云,汤楚宙,等. 2BFY-6 型油菜免耕直播联合播种机田间试验研究 [J]. 农业工程学报,2007,23(11):127-175.

Wu M L,Guan C Y,Tang C Z,et al. Experimental research on 2BYF-6 type no-tillage rape seeder in paddy stubble field [J]. Transaction of the CSAE,2007,23(11):127-175. (in Chinese)

[14] 徐波,汤楚宙,官春云,等. 2BYF-6 型油菜免耕直播联合播种机的改进与试验 [J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(1):109-111.

Xu B,Tang C Z,Guan C Y,et al. Research on improvement and experiment of 2BYF-6 type stubble no-tillage multi-seeder for rape [J]. Journal of Hunan Agricultural University:Natural Sciences,2008,34(1):109-111. (in Chinese)

[15] 廖庆喜. 2BFQ-15 型油菜少耕精量联合直播机的研制 [J]. 农业装备技术,2008,34(5):85-87.

Liao Q X. Research and manufacture of reduce-till precise direct rape seeder [J]. Agricultural Machinery Technology,2008,34(5):85-87. (in Chinese)

(上接第 227 页)

[10] 徐祖信,张锦平,廖振良,等. 苏州河底泥对上复水水质污染影响 [J]. 城市环境与城市生态,2005,18(6):1-3.

Xu Z X,Zhang J P,Liao Z L,et al. Influence of sediments on the covering water in Suzhou creek of Shanghai [J]. Urban Environment & Urban Ecology,2005,18(6):1-3. (in Chinese)

[11] 刘富强,杞桑. 珠江广州河段员村段的底泥耗氧 [J]. 环境科学,1994,15(1):31-41.

Liu F Q,Qi S. Sediment oxygen demand in the Yuancun reach of the pearl river in Guangzhou [J]. Environmental Science,1994,15(1):31-41. (in Chinese)

[12] GB 11914—89 水质化学需氧量的测定:重铬酸钾法 [S]. 北京:中国环境科学出版社,1990.

GB 11914—89 Water quality determination of chemical oxygen demand;Dichromate method [S]. Beijing:China Environmental Science Press,1990. (in Chinese)

[13] HJ 535—2009 水质氨氮测定:纳氏试剂分光光度法 [S]. 北京:中国环境科学出版社,2010.

HJ 535—2009 Water quality determination of ammonia nitrogen;Nessler's reagent spectrophotometry [S]. Beijing:China Environmental Science Press,2010. (in Chinese)