

地膜覆盖艺机一体化栽培技术在高粱上的应用

李文婷, 杨三维, 高 洋, 姚建民, 韩小英

(山西农业大学 农业经济管理学院, 山西 太原 030006)

摘 要:干旱少雨和农村劳动力短缺严重限制了陕北旱区高粱产业发展和农民脱贫增收, 推广应用地膜覆盖艺机一体化栽培技术以及引进筛选适合当地的配套品种是解决该问题的有效方法。以裸地栽培为对照, 研究了7个高粱品种晋杂22、晋杂31、晋杂34、晋杂108、晋早5564、晋夏2842和晋中7742在地膜覆盖艺机一体化技术配套栽培下产量相关性状和收益的变化。结果表明, 相比裸地栽培, 覆膜艺机栽培显著提高了高粱的株高、穗长、千粒质量和产量, 提高幅度分别为0.99%~12.64%、0.9%~7.3%、2.2%~12.9%、11.7%~32.6%; 大幅度节省了人工成本, 每公顷可节省约6450元; 增加了收益, 增收幅度为103.6%~406.0%。其中, 晋杂31的产量和收益最高, 分别为10346.7 kg/hm²和16943.4元/hm², 其次依次是晋杂108和晋杂34, 产量分别为10320.0、10293.3 kg/hm², 收益分别为16890.0、16836.6元/hm²。推荐晋杂31、晋杂108和晋杂34等3个高粱品种配套覆膜艺机栽培模式在陕北旱区推广种植。

关键词:高粱; 地膜覆盖艺机一体化; 产量; 收益; 陕北旱区

中图分类号: S514

文献标识码: A

文章编号: 1002-2481(2024)01-0055-06

Application of Farming and Mechanization Synchronism Technology with Plastic Film Mulching in Sorghum

LI Wenting, YANG Sanwei, GAO Yang, YAO Jianmin, HAN Xiaoying

(College of Agricultural Economics & Management, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Aridity and shortage of rural labor force severely restrict the development of sorghum industry and poverty alleviation in arid areas of northern Shaanxi. The effective ways are to promote the application of farming and mechanization synchronism technology with plastic film mulching, and introduce and screen suitable supporting varieties for the local area. In this study, taking bare land cultivation as the control, the changes of yield-related traits and farmers' income of seven sorghum varieties including Jinza 22, Jinza 31, Jinza 34, Jinza 108, Jinza 5564, Jinza 2842, and Jinza 7742 under the technology of farming and mechanization synchronism technology with plastic film mulching were researched. The results showed that compared with bare land cultivation, this technology significantly increased plant height, spike length, 1000-grain weight and yield of all the seven sorghum varieties by 0.99%-12.64%, 0.9%-7.3%, 2.2%-12.9%, and 11.7%-32.6%, respectively. Labour costs were significant saved, about 6450 yuan saved per hectare. Farmers' income was increase by 103.6%-406.0%. Among them, yield and farmers' income of Jinza 31 were the highest, which were 10346.7 kg/ha and 16943.4 yuan/ha, followed by Jinza 108 and Jinza 34, the yield were 10320.0, 10293.3 kg/ha, and farmers' income were 16890.0, 16836.6 yuan/ha, respectively. Therefore, these three varieties of Jinza 31, Jinza 108, and Jinza 34 were recommended to be planted and promoted in the arid areas of northern Shaanxi with the cultivation mode of arming and mechanization synchronism with plastic film mulching.

Key words: sorghum; farming and mechanization synchronism technology with plastic film mulching; yield; farmers' income; arid areas of northern Shaanxi

高粱是世界第五大粮食作物,也是饲料、酿酒、工业淀粉以及生物能源的原材料,是集食用、饲用、能源于一体的多用途作物。作为C4植物,高粱具有光合效率高、生物产量高、抗旱、耐涝、耐盐碱、耐

瘠薄、适应性广等特点,可在干旱、盐碱和瘠薄的边际土地上种植,被认为是最具开发潜力的粮饲作物和能源作物,在发展我国旱作农业、提高粮食产量和脱贫攻坚方面具有重要作用^[1-2]。陕北地区总土

收稿日期: 2023-08-15

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD1901105); 山西省科技重大专项计划“揭榜挂帅”项目(202101140601026); 山西农业大学省部共建有机旱作农业国家重点实验室自主研发项目(202001-3, 202105D121008-1-3)

作者简介: 李文婷(1983-), 女, 山西运城人, 助理研究员, 博士, 主要从事生态农业与旱作栽培研究工作。

地面积约为 8.03 万 km² (榆林 4.36 万 km², 延安 3.6 万 km²), 占陕西省总面积的 41.5%。西北部接毛乌素沙漠, 东北部与黄河接壤, 属暖温带和温带半干旱大陆性气候, 降水量少, 土壤干旱瘠薄, 自然条件差, 贫困人口多, 耕地大多分布在丘陵沟壑区, 大田作物以小杂粮居多。高粱是该地区种植的主要杂粮作物之一, 大多用来满足酿造业原料供应, 发展高粱产业是助推当地农民脱贫增收以及乡村振兴的重要手段之一^[3-4]。然而近年来, 由于旱灾发生频率增加、持续时间延长、强度加重, 再加上降雨年际不均衡以及农村劳动力短缺, 使得高粱播种保苗难度增大, 出苗易不齐, 病虫害增多, 田间管理用工增多, 生产成本也随之提高, 高粱产量和农民种植积极性都受到极大影响, 严重制约了高粱产业的快速发展^[5-7]。因此, 如何解决这些问题是发展陕北高粱产业的当务之急。

艺机一体化是指将农艺技术与机械配套同步研究设计、相互兼顾结合, 使二者融为一体的技术体系^[8]。地膜覆盖艺机一体化栽培技术是指在覆膜播种机一次性完成开沟探墒、铺膜覆土、打孔播种、镇压的基础上, 将施基肥、覆膜、播种等农业措施与农机相结合, 使农机作业贯穿于农业生产全过程的技术体系。该技术将农业生产中的农艺技术要求通过农业机械进行标准作业, 可最大限度地降低生产成本, 提高劳动生产率, 有效解决半干旱区旱地的“旱、寒、瘠”问题, 提升作物产量和品质, 促进作物生产从传统向现代化转变, 为规模化、集约化生产提供强有力的技术保障。

奚玉银等^[9]在冀西北地区开展了玉米、谷子覆膜艺机一体化技术的示范推广, 发现该技术有效提高了播种效率和作物的出苗率, 缩短了播种时间, 很好地解决了作物适播期短和春季风大土壤墒情恶化快的问题, 解决了农村劳动力短缺和作物对播期要求比较集中的问题, 生产效率提高了 5~10 倍, 节约生产成本 50% 左右。陈云等^[10]研究了艺机一体化技术在山西岚县马铃薯上的应用效果, 发现该技术提高了当地马铃薯的生产水平, 促进了企业增收, 受到了企业的高度好评。全志军^[11]研究了谷子膜侧播种艺机一体化技术在寿阳县的应用效果, 发现该技术自应用推广以来, 取得了显著的经济效益、社会效益和生态效益, 极大地提高了谷子单产水平, 有效地增加了农民收入, 切实保护了当地粮食生产能力和农民种粮积极性。

然而, 陕北地区多是旱地, 立地条件差, 覆膜艺机一体化栽培技术在该地区的应用效果还并不明确, 与该技术配套且适宜当地栽培的高粱品种也并不清楚。因此, 本研究拟引进 7 个高粱品种, 在与地膜覆盖艺机一体化栽培技术配套 (简称艺机栽培) 下, 对其在该区种植的产量相关性状和收益进行分析, 以期丰富陕北旱区高粱品种资源和大面积推广应用地膜覆盖艺机一体化栽培技术提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2022 年 4—10 月在陕西省榆林市佳县谢家沟村 (N 38°19'、E 110°07') 进行。该地区属典型干旱半干旱大陆季风性气候, 海拔 1 180 m, 年均气温 10.0℃, 年降水量 395 mm, 集中在 7—9 月, ≥10℃有效积温 3 030℃, 无霜期 157 d。土壤类型为黄绵土, pH 值为 7.7, 速效氮含量为 15.31 mg/kg, 有机碳含量为 13.05 g/kg, 全氮含量为 1.06 g/kg。地势平坦, 耕层深厚。

1.2 试验材料

供试高粱品种为山西农业大学高粱研究所提供的晋杂 22、晋杂 31、晋杂 34、晋杂 108、晋早 5564、晋夏 2842 和晋中 7742。地膜为山西农业大学农业经济管理学院生产的规格为 130 cm×0.007 mm 的生物降解渗水地膜。农机为山西农业大学农业经济管理学院和长治市永成农机开发有限公司共同研制的 2MB-1/3 型覆膜穴播机。

1.3 试验设计

试验以 7 个高粱品种为材料, 每个品种设置裸地栽培和艺机栽培 2 种处理, 每处理重复 3 次, 随机区组排列, 小区面积为 6 m×3 m。2022 年 4 月 17 日, 所有小区一次性施入氮磷钾复合肥 750 kg/hm²、腐熟羊粪 15 000 kg/hm², 旋耕后平整地块进行播种。其中, 艺机栽培处理采用凹型垄背全膜覆盖模式, 每小区铺膜 2 幅, 每幅地膜种植 3 行, 行距为 45 cm, 穴距为 20 cm, 每穴种 2 粒, 每公顷播种 9.75 万穴, 留苗 15 万~18 万株, 播深 3~4 cm; 裸地栽培模式采用手推播种器进行人工播种, 每小区种植 6 行, 播种规格与艺机栽培一致。高粱出苗后及时查苗, 发现有苗孔错位及时放苗, 出苗率低于 80% 且每穴单株率在 70% 以上时进行人工补种。裸地栽培处理下全生育期适时除草。成熟后调查株高、穗长、千粒质量和小区产量。

1.4 数据处理

使用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据处理。采用 SPSS Statistics 22.0 统计分析软件进行方差分析和 Duncan 显著性检验 ($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同栽培模式下高粱的产量结果

由表 1 可知,7 个参试品种产量在 2 种栽培模式下存在显著差异 ($P<0.05$)。裸地栽培模式下,晋杂 31 产量显著高于其他 6 个品种 ($P<0.05$),其次依

次为晋杂 34 和晋杂 108,晋杂 22 产量最低;艺机栽培模式下,晋杂 31、晋杂 108 和晋杂 34 等 3 个品种产量显著较高,晋杂 22 产量最低。与裸地栽培相比,艺机栽培下的 7 个高粱品种均表现出明显的增产效应,增产幅度为 11.7%~32.6%。从平均值看,7 个高粱品种的产量大小表现为晋杂 31>晋杂 34>晋杂 108>晋中 7742>晋早 5564>晋夏 2842>晋杂 22。其中,晋杂 31 在 2 种模式下的产量均为最高,平均 9 803.9 kg/hm²,其次依次是晋杂 34 和晋杂 108,平均产量分别为 9 664.6、9 600.0 kg/hm²。

表 1 不同栽培模式下高粱的产量结果
Tab.1 Sorghum yield under different cultivation modes

品种 Variety	小区产量/(kg/18 m ²) Plot yield		产量/(kg/hm ²) Yield		平均值 Mean value	增产幅度/% Yield increase rate
	裸地栽培(CK) Bare land cultivation	艺机栽培 Farming and mechanization cultivation	裸地栽培(CK) Bare land cultivation	艺机栽培 Farming and mechanization cultivation		
晋杂 22 Jinza 22	11.33e	14.24c	6 293.3e	7 913.4c	7 103.4	25.7
晋杂 31 Jinza 31	16.67a	18.62a	9 261.0a	10 346.7a	9 803.9	11.7
晋杂 34 Jinza 34	16.26b	18.53a	9 035.8b	10 293.3a	9 664.6	13.9
晋杂 108 Jinza108	15.98b	18.58a	8 880.0b	10 320.0a	9 600.0	16.2
晋早 5564 Jinza 5564	14.48c	17.33b	8 044.0c	9 626.7b	8 835.4	19.7
晋夏 2842 Jinxia 2842	12.70d	16.84b	7 053.3d	9 353.3b	8 203.3	32.6
晋中 7742 Jinzhong 7742	14.53c	17.86ab	8 073.3c	9 920.0ab	8 996.7	22.9

注:表中数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。表 2 同。
Note: Different lowercases after the data in the table indicated the significant differences at the 0.05 level. The same as Tab.2.

2.2 不同栽培模式下高粱的产量性状分析

表 2 所示。

不同栽培模式下高粱的产量性状分析结果如

表 2 不同栽培模式下高粱的产量性状分析
Tab.2 Analysis of yield traits of sorghum under different cultivation modes

品种 Variety	株高/cm Plant height			增加幅度/% Increasing extent	穗长/cm Spike length			增加幅度/% Increasing extent	千粒质量/g 1 000-grain weight			增加幅度/% Increasing extent
	裸地栽培 Bare land cultivation	艺机栽培 Farming and mechanization cultivation	平均值 Mean value		裸地栽培 Bare land cultivation	艺机栽培 Farming and mechanization cultivation	平均值 Mean value		裸地栽培 Bare land cultivation	艺机栽培 Farming and mechanization cultivation	平均值 Mean value	
晋杂 22 Jinza 22	156.10a	175.90a	166.0	12.64	27.00b	28.40b	27.7	5.2	26.20e	27.20e	26.7	3.8
晋杂 31 Jinza 31	139.00f	145.00e	142.0	4.32	27.30a	29.30a	28.3	7.3	28.30a	30.10a	29.2	6.5
晋杂 34 Jinza 34	135.40g	137.00f	136.2	1.18	27.20a	28.50b	27.9	4.8	27.30c	29.50b	28.4	8.2
晋杂 108 Jinza108	143.90d	145.30de	144.6	0.99	26.10d	27.00e	26.5	3.7	25.00f	28.20c	26.6	12.9
晋早 5564 Jinza 5564	145.70c	148.00c	146.9	1.58	27.00b	28.00c	27.5	3.7	26.50d	27.80d	27.2	5.0
晋夏 2842 Jinxia 2842	142.00e	146.20d	144.1	2.96	26.50c	27.30d	26.9	3.0	24.90g	26.50f	25.7	6.4
晋中 7742 Jinzhong7742	147.90b	152.00b	149.9	2.79	24.90e	25.10f	25.0	0.9	27.60b	28.20c	27.9	2.2

由表 2 可知,2 种栽培模式下不同高粱品种间的株高存在显著差异($P<0.05$)。裸地栽培模式下高粱的株高大小表现为晋杂 22>晋中 7742>晋早 5564>晋杂 108>晋夏 2842>晋杂 31>晋杂 34,艺机栽培模式下株高表现为晋杂 22>晋中 7742>晋早 5564>晋夏 2842>晋杂 108>晋杂 31>晋杂 34。与裸地栽培相比,艺机栽培下 7 个高粱品种的株高都有了不同程度的增加,增幅为 0.99%~12.64%,说明艺机栽培可能会使高粱植株增高。2 种栽培模式下,晋杂 22 的株高均显著最高,分别为 156.1、175.9 cm。相比其他品种,晋杂 34 的株高则显著最低($P<0.05$)。

高粱穗长在不同栽培模式下也存在显著差异($P<0.05$)。2 种栽培模式下,高粱穗长大小均表现为晋杂 31>晋杂 34>晋杂 22>晋早 5564>晋夏 2842>晋杂 108>晋中 7742。其中,晋杂 31 的穗长显著最大($P<0.05$),平均为 28.3 cm,其次为晋杂 34,平均为 27.9 cm。艺机栽培下高粱穗长均大于裸

地栽培。与裸地栽培相比,艺机栽培下高粱千粒质量也明显增高。艺机栽培下,7 个品种千粒质量大小表现为晋杂 31>晋杂 34>晋杂 108>晋中 7742>晋早 5564>晋杂 22>晋夏 2842;裸地栽培下,7 个品种千粒质量大小表现为晋杂 31>晋中 7742>晋杂 34>晋早 5564>晋杂 22>晋杂 108>晋夏 2842。其中,晋杂 31 的千粒质量在 2 种模式下均显著高于其他品种($P<0.05$),平均为 29.2 g。

2.3 不同栽培模式下高粱的经济效益分析

经济效益直接关系着农民种植的积极性。按照生物降解渗水地膜市场价 26 元/kg,覆膜量 75 kg/hm²,每公顷地膜成本为 1 950 元;艺机栽培播种与收获时每公顷人工与机器成本各 900 元/hm²,合计 1 800 元/hm²;裸地栽培播种与收获时每公顷人工成本各 600 元,间苗、除草等每公顷人工成本 9 000 元,合计 10 200 元/hm²;高粱收购价 2 元/kg,计算结果见表 3。

表 3 2 种栽培模式下高粱的经济效益分析
Tab.3 Farmers' income analysis of sorghum under two cultivation modes 元/hm²

品种 Variety	收入 Income		增收 Increased yield in- come	种植成本 Cultivation cost		减少成本 Reduced cost	经济效益 Economic benefit		增加经济 效益 Increased economic benefit	增加幅 度/% Increas- ing ex- tent
	裸地栽培 Bare land cultivation	艺机栽培 Farming and mecha- nization cul- tivation		裸地栽培 Bare land cultivation	艺机栽培 Farming and mecha- nization cul- tivation		裸地栽培 Bare land cultivation	艺机栽培 Farming and mecha- nization cul- tivation		
晋杂 22 Jinza 22	12 586.6	15 826.8	3 240.2	10 200	3 750	6 450	2 386.60	12 076.8	9 690.2	406.0
晋杂 31 Jinza 31	18 522.0	20 693.4	2 171.4				8 322.00	16 943.4	8 621.4	103.6
晋杂 34 Jinza 34	18 071.6	20 586.6	2 515.0				7 871.60	16 836.6	8 965.0	113.9
晋杂 108 Jinza108	17 760.0	20 640.0	2 880.0				7 560.00	16 890.0	9 330.0	123.4
晋早 5564 Jinza0 5564	16 088.0	19 253.4	3 165.4				5 888.00	15 503.4	9 615.4	163.3
晋夏 2842 Jinxia 2842	14 106.6	18 706.6	4 600.0				3 906.60	14 956.6	11 050.0	282.9
晋中 7742 Jinzhong7742	16 146.6	19 840.0	3 693.4				5 946.60	16 090.0	10 143.4	170.6

从表 3 可以看出,晋杂 31 在裸地栽培和艺机栽培 2 种栽培模式下产量均为最高,因此,其收入也均高于其他品种,分别为 18 522.0、20 693.4 元/hm²。与裸地栽培相比,艺机栽培显著增加了 7 个高粱品种的产量,因此,该模式下产量收入更高,且覆膜后减少了间苗、除草等人工成本,可使农民每公顷

减少投入约 6 450 元,成本更低,农民获得的收益更高。从栽培模式来看,相较裸地栽培,艺机栽培下 7 个品种的经济效益均明显增加,其中,晋夏 2842 和晋中 7742 增加最多;从品种来看,艺机栽培模式下种植晋杂 31、晋杂 108 和晋杂 34 获得的收益更高,分别为 16 943.4、16 890.0、16 836.6 元/hm²。

3 结论与讨论

现代农业的核心是集约高效,农业机械是发展现代农业的重要物质基础,艺机一体化是实现高粱产业化生产与现代农业相结合的必由之路^[12-13]。实现高粱生产艺机一体化需要有适宜的品种和相应的栽培技术,良种良法配套才可提高作物产量^[14-16]。孔凡信等^[17]研究发现,筛选适宜机械化生产的酿造高粱品种时,首先应考虑株高,其次是经济产量。适宜机械化栽培的高粱品种株高一般应在100~150 cm为好,因为株高较高会导致高粱倒伏且不利于收获,太低则会影响产量^[18-20]。本试验筛选的7个高粱品种中,晋杂22和晋中7742虽都在艺机栽培模式下有较大的增产幅度,但其株高超过150 cm,不符合机械化栽培高粱品种的株高要求。其余5个品种的株高均小于150 cm,符合机械化栽培的要求。从产量来看,晋杂31在这5个品种中产量最高,平均为9 803.9 kg/hm²,其次依次是晋杂34和晋杂108,平均产量分别为9 664.6、9 600.0 kg/hm²。说明这3个品种都较适宜配套艺机一体化栽培技术在陕北地区种植。

农民采用新技术新品种的积极性与其经济收益直接相关。本试验中,艺机栽培明显提高了高粱的株高、穗长、千粒质量和产量,增加了农民收入。与裸地栽培相比,艺机栽培每公顷可节省锄草、间苗等人工成本约6 450元,大幅度减轻了劳动强度和劳动量,节约了农民投入成本。尤其是选用晋杂31、晋杂108和晋杂34这3个高粱品种配套栽培后,农民每公顷可获得约1.7万元的纯收益,这对提高他们的种植积极性、扩大高粱种植面积具有重要意义。此外,艺机一体化栽培不仅提高了农业机械化率,为当地农业生产规模化、粮食生产提质增效发挥了积极作用,同时也因为减少了劳动力投入,缓解了农村劳动力短缺的困境,推动了农村劳动力的转移,促进农民外出务工增收,发挥了一举多得的作用。

试验地设置在陕西东北部半干旱地区,其种植环境、土壤状况、栽培措施、管理水平等在陕西北部、山西北部地区都具有代表性,其研究结果可为相同或相近地区的高粱生产提高依据。不过由于市场上高粱品种繁多,本试验只选取了7个高粱品种,筛选上还有很大空间,今后应继续深入研究,筛选出更适宜当地种植的艺机栽培品种,为高粱的机械化生产和集约化经营提供更高效的技术支撑,助

推高粱产业大力发展、农村繁荣、农民脱贫增收和农村小康建设。

参考文献:

- [1] 邹剑秋. 基于1961—2020年FAO数据的世界高粱产业分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2023, 43(1): 1-10.
ZOU J Q. World sorghum industry analysis based on 1961-2020 FAO data[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2023, 43(1): 1-10.
- [2] 李顺国, 刘猛, 刘斐, 等. 中国高粱产业和种业发展现状与未来展望[J]. 中国农业科学, 2021, 54(3): 471-482.
LI S G, LIU M, LIU F, et al. Current status and future prospective of Sorghum production and seed industry in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2021, 54(3): 471-482.
- [3] 邹剑秋, 王艳秋, 柯福来. 高粱产业发展现状及前景展望[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2020, 40(3): 2-8.
ZOU J Q, WANG Y Q, KE F L. Development status and prospect of sorghum industry in China[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2020, 40(3): 2-8.
- [4] 王玉斌, 平俊爱, 牛皓, 等. 不同覆膜材料下旱地种植对高粱产量性状的影响[J]. 陕西农业科学, 2020, 66(6): 4-6.
WANG Y B, PING J A, NIU H, et al. Effect of dryland cropping on yield trait of *Sorghum* under different mulching film materials[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2020, 66(6): 4-6.
- [5] 张宗毅, 刘小伟, 张萌. 劳动力转移背景下农业机械化对粮食生产贡献研究[J]. 农林经济管理学报, 2014, 13(6): 595-603.
ZHANG Z Y, LIU X W, ZHANG M. Contribution of agricultural mechanization to grain production under agricultural labors migration[J]. Journal of Agro-Forestry Economics and Management, 2014, 13(6): 595-603.
- [6] 张玉周. 气候变化背景下我国粮食安全面临挑战及其应对[J]. 中州学刊, 2018(9): 43-46.
ZHANG Y Z. The challenges and countermeasures of China's food security under the background of climate change[J]. Academic Journal of Zhongzhou, 2018(9): 43-46.
- [7] 郭梦, 张奇莹, 钱会, 等. 基于SPEI干旱指数的陕西省干旱时空分布特征分析[J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30(3): 127-132, 138.
GUO M, ZHANG Q Y, QIAN H, et al. Analysis on the drought temporal-spatial distribution characteristics of Shaanxi Province based on SPEI[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2019, 30(3): 127-132, 138.
- [8] 王娟玲. 农业“艺机一体化”的实践与思考[J]. 山西农业科学, 2014, 42(9): 1040-1045.
WANG J L. Practice and consideration of "farming technology and mechanization synchronism"[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2014, 42(9): 1040-1045.
- [9] 奚玉银, 任全军, 付永斌. 水肥一体化、艺机一体化技术在冀西北的应用[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(11): 1363.
XI Y Y, REN Q J, FU Y B. Application of water and fertilizer integration and art-machine integration technology in northwest Hebei Province[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2014, 22(11): 1363.
- [10] 陈云, 白小东, 岳新丽, 等. 马铃薯水肥艺机一体化技术在岚

- 县示范与成效[J]. 农业技术与装备, 2020(11):57-58, 60.
- CHEN Y, BAI X D, YUE X L, et al. Demonstration and effect of potato water-fertilizer integrated technology in Lanxian[J]. Agricultural Technology & Equipment, 2020(11):57-58, 60.
- [11] 全志军. 寿阳县谷子膜侧播种艺机一体化技术及推广应用[J]. 农业技术与装备, 2021(7):54-55.
- TONG Z J. Film side sowing technology and mechanical integration technology and application of millet in Shouyang County[J]. Agricultural Technology & Equipment, 2021(7):54-55.
- [12] 张福耀, 平俊爱. 高粱的根本出路在于机械化[J]. 农业技术与装备, 2012(20):19-21.
- ZHANG F Y, PING J A. The fundamental way out for sorghum lies in mechanization[J]. Agricultural Technology & Equipment, 2012(20):19-21.
- [13] 施万荣. 艺机一体化是发展现代农业的重要内容[J]. 中国农业信息, 2014(8):10-12.
- SHI W R. The integration of arts and machines is an important part of developing modern agriculture[J]. China Agricultural Information, 2014(8):10-12.
- [14] 臧东运, 宋建梅, 王金星, 等. 试论良种良法配套在种子产业化中的作用[J]. 中国种业, 2002(2):18-19.
- ZANG D Y, SONG J M, WANG J X, et al. On the role of improved varieties and good methods in seed industrialization[J]. China Seeds, 2002(2):18-19.
- [15] 杜志宏, 张福耀, 平俊爱, 等. 高粱产业机械化发展探讨[J]. 现代农业科技, 2014(24):87-88.
- DU Z H, ZHANG F Y, PING J A, et al. Discussion on development of mechanization of *Sorghum* industry[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2014(24):87-88.
- [16] 詹鹏杰, 平俊爱, 楚建强, 等. 不同种植环境和密度对机械化栽培高粱农艺性状及产量的影响[J]. 山西农业科学, 2019, 47(10):1783-1788, 1814.
- ZHAN P J, PING J A, CHU J Q, et al. Effects of different planting environment and density on agronomic characters and yield of mechanized *Sorghum*[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2019, 47(10):1783-1788, 1814.
- [17] 孔凡信, 刘志, 肖继兵. 辽西地区适宜机械化生产酿造高粱品种综合评价[J]. 农学学报, 2019, 9(6):4-11.
- KONG F X, LIU Z, XIAO J B. Brewing *Sorghum* varieties suitable for mechanization production in western Liaoning: a comprehensive evaluation[J]. Journal of Agriculture, 2019, 9(6):4-11.
- [18] 史红梅, 宋旭东, 李爱军, 等. 高粱产业化生产如何与现代农业机械相结合[J]. 山西农业科学, 2012, 40(4):307-309, 356.
- SHI H M, SONG X D, LI A J, et al. Combination of industrialized production of grain *Sorghum* with modern agriculture mechanization[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2012, 40(4):307-309, 356.
- [19] 李慧明, 李霞, 平俊爱, 等. 我国高粱机械化发展前景及配套栽培技术研究[J]. 现代农业科技, 2015(14):45-46, 48.
- LI H M, LI X, PING J A, et al. *Sorghum* mechanization development prospect and corresponding cultivation techniques in China[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2015(14):45-46, 48.
- [20] 杜志宏, 平俊爱, 吕鑫, 等. 高粱机械化种植品种选择及优质高产栽培技术[J]. 农业工程技术, 2017, 37(23):52-54.
- DU Z H, PING J A, (LÜ/LV/LU/LYU) X, et al. Selection of mechanized *Sorghum* cultivars and cultivation techniques of high quality and high yield[J]. Agricultural Engineering Technology, 2017, 37(23):52-54.