

姚建民, 毕昕媛, 李瑞珍, 等. 全生物降解渗水地膜覆盖穴种晚播济麦 22 的产量分析[J]. 山西农业科学, 2025, 53(3):44-49.
YAO J M, BI X Y, LI R Z, et al. Yield analysis of hole-sown late sowing Jimai 22 covered by fully biodegradable water-permeable mulch film[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2025, 53(3):44-49.

doi:10.3969/j.issn.1002-2481.2025.03.05

全生物降解渗水地膜覆盖穴种晚播济麦 22 的产量分析

姚建民^{1,2}, 毕昕媛², 李瑞珍², 高凤翔³, 姜丽娜⁴,
杨瑞平², 陈利军⁴, 任焕珍⁴, 任君⁴

(1.山西微通渗水膜生物科技有限公司, 山西太原 030006; 2.山西农业大学 农业经济管理学院, 山西太原 030006;
3.中国科学院 长春应用化学研究所, 吉林 长春 130022; 4.沁县农业技术推广中心, 山西沁县 046400)

摘要:为提升弱冬性小麦品种在冬性麦区的产量, 以高产、春化期短、抗冻性较弱的济麦 22 为试验材料, 在沁县松村冬麦区采用黑色全生物降解渗水地膜覆盖穴种晚播技术在封冻前进行播种, 确保麦种冬前只萌动不出苗, 次年早春早出苗, 以应对寒冷冬季的极端天气。试验设置覆膜不灌溉(T1)、覆膜灌溉 1 次(T2)、覆膜灌溉 2 次(T3)、不覆膜不灌溉(CK1)、不覆膜灌溉 1 次(CK2)和不覆膜灌溉 2 次(CK3)共 6 个处理。试验结果显示, T1 处理的出苗数达 12.07 株/穴, 出苗率为 92.82%, 显著高于 CK1。成苗期, T1 处理成苗数稳定, 显著高于 CK1。干旱期间, T1 处理成穗受到抑制, 成穗数为 344.85 万穗/hm², T2 和 T3 处理的成穗数分别达 347.93 万、371.85 万穗/hm², 显著高于 CK1、CK2 和 CK3。产量分析结果发现, T1、T2、T3 处理的产量均显著高于 CK1、CK2 和 CK3。综上, 在冬性麦区通过覆膜晚播结合灌溉技术引种弱冬性小麦济麦 22, 不仅可以提高小麦抵御寒冷与干旱胁迫的能力, 还能显著提高小麦的产量。

关键词:全生物降解渗水地膜; 济麦 22; 冬麦区; 覆膜晚播穴种技术; 干旱; 灌溉

中图分类号: S512.1 文献标识码: A 文章编号: 1002-2481(2025)03-0044-06

Yield Analysis of Hole-Sown Late Sowing Jimai 22 Covered by Fully Biodegradable Water-Permeable Mulch Film

YAO Jianmin^{1,2}, BI Xinyuan², LI Ruizhen², GAO Fengxiang³, JIANG Lina⁴,
YANG Ruiping², CHEN Lijun⁴, REN Huanzhen⁴, REN Jun⁴

(1. Shanxi Weitong Water-Permeable Membrane Biotechnology Co., Ltd., Taiyuan 030006, China;
2. College of Agricultural Economics and Management, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030006, China;
3. Changchun Institute of Applied Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China;
4. Qinxian Agricultural Technology Promotion Center, Qinxian 046400, China)

Abstract: To enhance the yield of weak winter wheat varieties in winter wheat regions, in this study, a high-yield winter wheat variety with a short vernalization requirement and relatively weak frost resistance, Jimai 22, was used as material. A black fully biodegradable water-permeable mulch film combined with hole-sown late sowing technology was employed to ensure seed germination without seedling emergence before winter, followed by early spring seedling emergence to mitigate cold stress. Six treatments were established: no irrigation with mulch(T1), single irrigation with mulch(T2), double irrigation with mulch(T3), no irrigation without mulch(CK1), single irrigation without mulch(CK2), and double irrigation without mulch(CK3). Field trials conducted in the winter wheat region of Songcun, Qinxian, demonstrated that the T1 treatment had the emergence number of 12.07 plants/hole, achieving the seedling emergence rate of 92.82%, significantly higher than that of the control. At seedling stage, seedling stability was significantly higher than that of the control. During drought periods, T1 exhibited reduced spikelet formation, with 3.448 5 million spikes per hectare, while T2 and T3 treatments achieved significantly higher spikelet numbers (3.479 3 million and 3.718 5 million spikes per hectare, respectively) than that of CK1, CK2, and CK3. Yield analysis revealed

收稿日期: 2024-07-31

基金项目: 山西省重点研发计划(202102140601011-1); 国家重点研发计划(2021YFD1700700)

作者简介: 姚建民, 研究员, 主要从事渗水地膜旱作技术研究, E-mail: 841952252@qq.com

that yield of T1, T2, and T3 treatments was significantly higher than that of CK1, CK2, and CK3. In conclusion, introduction of the weak winter wheat variety of Jimai 22 through the technology integrating late sowing with mulch film and irrigation in winter wheat regions could not only effectively enhance the cold and drought resistance of wheat, but significantly improve wheat yield.

Keywords: biodegradable water-permeable mulch film; Jimai 22; winter wheat region; mulching late sowing hole-sown technology; drought; irrigation

小麦作为我国三大粮食作物之一,是国家商品粮与储备粮的基石,在国民经济体系中占据着举足轻重的地位^[1]。在山西省,小麦作为城乡居民日常饮食的重要组成部分,其生产状况对全省粮食安全具有深远影响。据《山西统计年鉴》最新数据显示,2020年山西省小麦种植面积稳定在约53.59万hm²,总产量达到237万t,其产量直接影响着山西省粮食生产的总体水平^[2]。小麦依其生长习性可分为冬性、弱冬性、偏春性、春性等多种类型^[3]。小麦种植从地域方面划分,分为黄淮北部强筋麦区、中筋春麦区和华北北部强筋麦区。山西省南部冬麦区属于黄淮北部强筋麦区,北部属于中筋春麦区,中部晚熟冬麦区属于华北北部强筋麦区,太原盆地和长治盆地属于冬性小麦生态区^[4]。姚建民等^[5]研究表明,冬麦区渗水地膜全覆盖跨区引种弱冬性小麦品种可以明显提高其产量,其中,太原市冬性麦区渗水地膜覆盖的弱冬性品种晋麦47号表现出明显优势,穗粒数和千粒质量分别比常规地膜覆盖的冬性小麦晋麦43号增加36.7%和46.5%,产量增加93.2%;比渗水地膜覆盖的晋麦43产量增加66.7%;产量是不覆盖地膜晋麦43号的3.4倍。

基于上述研究,结合山西省小麦生产的实际需求,本研究旨在通过技术创新提高冬麦区的小麦产量及复播指数。在冬麦区选择长治市沁县平川区的松村镇松村开展跨区引种试点示范,以弱冬性小麦品种济麦22为试验材料^[6],根据其具有矮秆、穗大、抗性好、耐密型好、产量高、春化期短、抗冻性差等特点,创建了济麦22引种到冬麦区的黑色全生物降解渗水地膜覆盖穴种晚播技术,以多因子利用最大化思路,设计了技术方案^[7]:采用宽幅全生物降解渗水地膜覆盖,有效蓄集秋雨、冬雪及春雨等自然降水,提升水资源利用效率。在土壤封冻前7d内铺设黑色全生物降解地膜,为萌发中的种子营造一个低温高湿的环境,确保小麦春化过程顺利进行,同时促进早春快速出苗,增强抗倒春寒能力;实施膜上打孔穴种技术,并适当增加播种量至390万粒/hm²,确保获得足够的基本苗数。通过良种与良法有机结合,以期建成一套弱

冬性小麦品种在冬麦区可推广的高产种植技术模式,提高冬麦区产量水平,扩大冬麦区小麦种植面积和提高复种指数。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试小麦品种济麦22由山东省农业科学院作物研究所提供。供试地膜为1300mm×0.0065mm黑色全生物降解渗水地膜,由山西微通渗水膜生物科技有限公司生产。2MB-1/6型铺膜小麦穴播机,由长治市神禾永成农机科技开发有限公司设计制造。肥料选用地利佳复合肥(氮磷钾比例为17:17:17),总养分含量≥51%,由山东省泰安市天脊农业科技有限公司生产。

1.2 试验设计

试验点设在冬麦区的山西省长治市沁县松村镇松村(36°50'N,112°46'E),海拔958m。地块长度256.53m,宽度52.0m,采用大区裂区试验设计,由西向东分3个大区,每个大区包含2个处理,设置覆膜不灌溉(T1处理)、不覆膜不灌溉(CK1)、覆膜灌溉1次(T2处理)、不覆膜灌溉1次(CK2)、覆膜灌溉2次(T3处理)、不覆膜灌溉2次(CK3)6个处理,每个处理包含3个独立的生物学重复。其中,T1处理和CK1位于同一大区,试验面积为2.33hm²;T2处理和CK2位于同一大区,试验面积为2.13hm²;T3处理和CK3位于同一大区,试验面积为2.33hm²。

于2023年10月20日农田施复合肥750kg/hm,深耕、耙耱。2023年10月26日,采用60kW小四轮拖拉机为牵引动力,悬挂2MB-1/6型铺膜小麦穴播机,携带1300mm×0.0065mm黑色全生物降解渗水地膜,一次性完成波浪形开沟、铺膜覆土、打孔穴播、苗孔镇压等多道作业工序。条带种植宽度130cm,一膜6行,平均行距21.7cm,穴距13.3cm,348266穴/hm²,小麦种子12~14粒/穴。播深30mm,膜上零星覆土厚度2~5mm。

1.3 种植管理方法

1.3.1 春季管理 出苗期进行冻害调查,放苗、护膜培土。

1.3.2 中后期管理 3次喷施杀虫剂(吡虫啉、噻虫嗪、联苯菊酯)、杀菌剂(戊唑·咪鲜胺、唑醚·氟环唑、戊唑醇)、叶面肥(24-表芸苔素内酯、萘乙酸钠、腐植酸水溶肥、含氨基酸水溶肥)^[8]。膜上滴灌单用水量为 750 m³/hm²; T2、CK2、T3 和 CK3 处理在孕穗期(2024 年 5 月 10 日)各进行一次灌水作业; T3 和 CK3 处理在开花灌浆期(2024 年 5 月 26 日)再次进行一次灌水作业。

1.3.3 收获期 小麦蜡熟期及时机收、晾晒入仓。T1 和 CK1 处理收获期为 2024 年 6 月 18 日; T2、T3、CK2、CK3 处理的收获期为 2024 年 6 月 28 日。

1.4 测定项目及方法

按照全生物降解渗水地膜降解度田间取样测试方法^[9],对 T1、T2、T3 处理的黑色全生物降解地膜在测产取样点进行回收取样,经收集、清洗、风干等有关程序进行检测。

平均降解率=(初始质量-剩余质量)/初始质量×100% (1)

式中,初始质量为试验开始时地膜的质量(g),剩余质量为试验结束时可收集到的地膜残余质量(g)。

生育期耗水量=生育期降水+灌水+(播种期土壤水-收获期土壤水) (2)

水分利用效率=作物产量/耗水量 (3)

式中,作物产量通常指单位面积的作物产量,耗水量指作物生长周期内用于灌溉或被作物蒸

腾、土壤蒸发等消耗的总水量。

1.5 产量结构因子对产量影响度贡献率分析

产量结构因子对产量的贡献率通过以下公式计算而得。

$$Y=X_1 \times X_2 \times X_3 \quad (4)$$

将式(4)转换为式(5)。

$$\ln Y = a + b_1 \ln X_1 + b_2 \ln X_2 + b_3 \ln X_3 \quad (5)$$

其中, Y 为产量, X₁ 为成穗数, X₂ 为穗粒数, X₃ 为千粒质量, a、b₁、b₂ 和 b₃ 为常数。

1.6 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 26.0 统计软件进行处理和分析,对测定结果进行方差分析,并用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 旱地晚播覆膜对小麦生长的影响

从表 1 可以看出,在旱地晚播条件下,采用覆膜不灌溉处理(T1)与未覆膜不灌溉处理(CK1)的小麦出苗情况存在显著差异(P<0.05)。出苗期、成苗期、孕穗期和成熟期的调查结果显示,T1 处理的出苗数达 12.07 株/穴,出苗率为 92.82%,比 CK1 的出苗率(41.76%)高。在成苗期,T1 处理的成苗数为 11.17 株/穴,而 CK1 仅为 1.5 株/穴,这主要归因于 CK1 的成苗数较少且死苗数较多,可能与冻籽、冻芽、冻苗以及播种浅表土层干旱导致的死苗有关。

表 1 T1 和 CK1 处理的小麦苗情分析

Tab.1 Analysis of wheat seedling situation treated with T1 and CK1

处理 Treatment	播量/(粒/穴) Sowing amount	出苗数/ (株/穴) Number of seedlings	穴均出苗率/% Rate of seedling emergence per hole	成苗数/ (株/穴) Number of seedlings	最大茎数/ (个/穴) Maximum number of stems	成穗数/ (穗/穴) Spike number	无效分蘖数/ (个/穴) Number of ineffective tillers	有效分蘖数/ (穗/穴) Number of effective tillers
T1	13	12.07	92.82	11.17	22.34	11.57	11.19	0.13
CK1	13	5.43	41.76	1.5	2.07	1.59	0.48	0.06

在孕穗前,T1 处理的基本苗数与分蘖数之和为 23.24 株/穴,其中,分蘖数为 11.17 株/穴,分蘖率为 92.54%,而 CK1 的最大茎数仅为 2.07 株/穴。至成熟期,T1 处理的有效分蘖数退化至 0.13 株/穴,无效分蘖率高达 98.84%。这一有效分蘖的快速退化与 2024 年 4 月 18 日至 6 月 18 日期间降水总量仅为 12.6 mm(较常年同期降水量 81.7 mm 减少 84.57%)的极端干旱天气密切相关。

2.2 覆膜灌溉对小麦产量结构及关键因子贡献率的影响

在旱地晚播条件下,对不同灌溉处理的小麦

产量结构进行深入分析,结果显示(表 2),覆膜灌水 2 次(T3)的成穗数达到 371.85 万穗/hm²,千粒质量为 47.0 g,均高于覆膜灌水 1 次(T2)和覆膜不灌水(T1)的成穗数和千粒质量,其中,T2 和 T1 处理的成穗数和千粒质量分别为 347.93 万穗/hm²和 41.7 g、344.85 万穗/hm²和 39.3 g。这一结果表明,灌水可有效促进分蘖成穗,并提升籽粒饱满度。

在穗粒数方面,覆膜灌水 1 次(T2)的平均穗粒数为 46.3 粒/穗,高于覆膜灌水 2 次(T3)的 42.5 粒/穗和覆膜不灌水(T1)的 28.9 粒/穗。T3 处理的穗粒数低于 T2 处理的主要原因是 2 次灌水促

进了次级分蘖成穗,增加了小穗数在成穗中的占比。

进一步分析表明,覆膜不灌水处理(T1)的成穗数、穗粒数和千粒质量均低于覆膜灌水处理(T2和T3)。尽管T1的最大茎数达到22.34株/穴(66.69万株/hm²),但由于干旱导致分蘖退化,成穗数仅为11.57穗/穴(34 536.5穗/hm²),出现了分蘖退化和成穗数不足的问题。已有研究表明,增加成穗数对于提高小麦产量具有关键作用^[10],尤其是在中低产田中,成穗数对产量的贡献最为显著^[11]。

对比CK3、CK2和CK1的生长表现可以发现,

尽管CK3和CK2在茎粗、株高、成穗数和籽粒饱满度方面优于CK1,但由于基本苗数严重不足,三者整体表现均不理想。

产量结构的贡献率分析显示,千粒质量的贡献率最高,为59.78%,其次是成穗数,贡献率为39.22%,穗粒数的贡献率最低,仅为1.00%。千粒质量和成穗数二者的贡献率总和高达99%,这表明二者是产量构成的主要因子。采用黑色全生物降解渗水地膜覆盖并结合灌溉措施,能够显著提高千粒质量和成穗数,从而有效提升小麦产量。

表2 不同处理的小麦农艺性状分析

Tab.2 Analysis of agronomic traits of wheat under different treatments

处理 Treatment	穴数 Number of holes	茎粗/mm Stem diameter	株高/cm Plant height	成穗数/(万穗/hm ²) Spike number	穗粒数 Grains per spike	千粒质量/g 1000-grain weight
T1	199a	3.0b	56.6d	345bc	28.9b	39.3d
T2	200a	3.5a	61.9b	347a	46.3a	41.7c
T3	201a	3.5a	62.7a	372a	42.5a	47.0a
CK1	200a	2.3c	45.9e	323c	18.9c	29.1e
CK2	200a	3.5a	60.9c	395c	12.5d	41.0c
CK3	200a	3.5a	62.3ab	527c	10.9d	43.0b

注:不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。表3同。

Note: Different lowercase indicated significant differences at the $P<0.05$ level among different treatments. The same as Tab.3.

2.3 不同处理对小麦产量的影响

由表3可知,各处理的产量由高到低依次为T3>T2>T1>CK3>CK2>CK1。其中,T3处理的产量较T2增加20.59%,较T1增加89.22%,增产效果均达到显著水平($P<0.05$)。此外,覆膜不灌溉处理(T1)的产量分别比不覆膜灌水2次

(CK3)、不覆膜灌水1次(CK2)和不覆膜处理(CK1)高出57.82%、93.85%和662.39%。这表明,采用1 300 mm×0.006 5 mm黑色全生物降解渗水地膜覆盖技术对晚播弱冬性冬小麦济麦22具有显著的增产作用。

表3 不同处理的小麦产量分析

Tab.3 Analysis of wheat yield under different treatments

指标 Index	T1	CK1	T2	CK2	T3	CK3
产量 Yield	3 922.5c	514.5e	6 154.5b	2 032.5d	7 422a	2 485.5d

2.4 小麦收获期地膜降解度分析

全生物降解渗水地膜初始质量为8.3 g/m²,T1、T2、T3处理的地膜收回质量分别为7.8、7.7、6.9 g/m²,平均为7.43 g/m²。地膜未经秋季的高温高湿期,整体保持完整,基本未发生降解,只有打孔播种时的开口处缺失,平均减少率为8.33%。测试结果表明,1 300 mm×0.006 5 mm黑色全生物降解渗水地膜有很好的耐候性,从覆盖播种小麦到收获,236 d内保持良好,远远超过了GB/T 35795—2017标准^[12]中的120 d高级别IV级耐候期水平,较长的耐候期有利于保水和除草,耐候期超长与

冬季低温、高密度小麦遮阴以及土壤严重干旱导致的降解缓慢密切相关。有研究表明,0.006 5mm PPC生物降解渗水地膜360 d后降解度达95%^[13],因此,残留的地膜预计在1 a内可完成降解。

2.5 生育期降水利用效率分析

对土壤基础含水量、收获期土壤含水量、生育期降水量以及不同处理的产量之间关系的综合分析结果(表4)显示,T1处理的水分利用效率为12.23 kg/(mm·hm²),T2处理的水分利用效率为17.34 kg/(mm·hm²),T3处理的水分利用效率为20.13 kg/(mm·hm²)。

表 4 不同处理下济麦 22 的水分利用效率分析

Tab.4 Analysis of water use efficiency of Jimai 22 under different treatments

处理 Treatment	0~200 cm 播种期 土壤水含量/mm Soil water content at 0-200 cm depth dur- ing sowing period	0~200 cm 收获期 土壤水含量/mm Soil water content at 0-200 cm depth dur- ing harvest period	生育期降水和 灌水量/mm Growing season pre- cipitation and irriga- tion amount	生育期耗水量/mm Crop water consump- tion during growing season	产量/ (kg/hm ²) Yield	水分利用效率/ (kg/(mm·hm ²)) Water use effi- ciency
T1	473	286	133.7	320.7	3 922.5	12.23
T2	473	302	183.7	354.7	6 154.5	17.34
T3	473	338	233.7	368.7	7 422.0	20.13

田间调查结果显示,播种前土壤墒情良好,2.0 m 土层含水量为 473 mm,试验区生育期累计降水达 133.7 mm,其中,无灌溉条件下,生长中期和后期严重干旱,T1 处理旱地小麦产量达到了 3 922.5 kg/hm²,水分利用率达到 12.23 kg/(mm·hm²)。郑爱泉等^[14]研究表明,晋麦 47 小麦节水灌溉的水分利用效率最大为 10.50 kg/(mm·hm²),这表明弱冬性小麦黑色全生物降解渗水地膜覆盖晚播穴种技术,是一种高效利用天然降水、减少春季土壤水分无效蒸发的旱作增产途径^[15]。弱冬性小麦黑色全生物降解渗水地膜覆盖晚播穴种技术结合节水灌溉时,T2、T3 处理水分利用率进一步提高,分别达到 17.34、20.13 kg/(mm·hm²)。节水灌溉即在拔节期和灌浆期进行灌水,可以通过增加穗粒数和千粒质量增加产量^[16-17]。

2.6 投入产出分析

2.6.1 投入 地膜 75 kg/hm²,计 1 950 元/hm²;化肥 750 kg/hm²,计 1 800 元/hm²;种子 225 kg/hm²,计 450 元/hm²;"一喷三防"措施实施 3 次合计 675 元/hm²;机耕施肥旋地 750 元/hm²;机播 600 元/hm²;机收 1 200 元/hm²;灌溉 1 次 750 元/hm²;T1、T2、T3 处理分别合计投入为 7 425、8 175、8 925 元/hm²。

2.6.2 产出 小麦售价 2.4 元/kg;T1 处理小麦产量为 3 922.5 kg/hm²,收入 9 414 元/hm²,净收入 1 989 元/hm²;T2 处理产量为 6 154.5 kg/hm²,收入 14 771 元/hm²,净收入 6 596 元/hm²;T3 处理产量为 7 422.0 kg/hm²,收入 17 813 元/hm²,净收入 8 888 元/hm²。

2.6.3 产投比 T1 处理的产投比为 1.27:1,T2 处理的产投比为 1.81:1,T3 处理的产投比为 2.0:1。

综上,滴灌处理的投入成本最高^[18],但产投比最大,净收益高^[19],其中,滴灌的 T3 处理在投入、产投比和净收益方面均表现最优。

3 结论与讨论

播期与冬季极端低温对于小麦越冬有重要

影响。从沁县气象松村站点测得 2024 年沁县 1 月最低温度 -21 ℃,本项引种技术的基本苗数为 11.17 株/穴,接近下种量 13 粒/穴的 90%,说明膜下种子可以安全越冬。而无地膜覆盖的基本苗数 1.5 株/穴,仅占下种量 13 粒/穴的 15%,说明未覆盖地膜处理无法保障小麦安全越冬。未覆盖膜越冬性差,可能与冬季极端低温下对萌动种子的冻籽、冻芽和 3 月下旬出苗期的冻苗有关,也可能与表土层干旱不能出苗有关,但与 2024 年 4 月 22 日 -2 ℃晚霜冻最低气温关联性相对较小^[20]。

选用 0.006~0.007 mm 黑色全生物降解渗水地膜可以比 0.01 mm 生物降解渗水地膜单位面积用量成本节约 30%~40%,具有耐候期长、利于保温、保水、除草、增加成穗数,进而提高产量的优势,但同时也造成麦收后地膜还未能明显降解,给下茬作物播种带来一定的不便。若选用耐候期短的 0.006~0.007 mm 无色全生物降解渗水地膜,虽然麦收前可以基本降解,但也会造成生长期保水性差、杂草多等不利因素,需要进一步试验筛选耐候期适中的地膜产品。

本研究表明,黑色全生物降解渗水地膜覆盖穴种晚播弱冬性济麦 22 小麦技术比采用当地主推品种在穗粒数和粒质量方面优势突出,增产增收潜力大,应用前景广阔。为完善种植技术体系,还有待进一步深入开展播期、播量、种子越冬期调查、冬春季管理,田间管理措施设计等方面的研究。

参考文献:

- [1] 路辉丽,彭星星,尹豪,等.河南省小麦生产现状及优质小麦发展对策研究[J].粮油食品科技,2024,32(1):185-192.
LU H L, PENG X X, YIN H, et al. Research on the current situation of wheat production and development strategies for high quality wheat in Henan province[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(1): 185-192.
- [2] 马荣.运城市小麦生产现状分析与稳定发展对策研究[D].晋中:山西农业大学,2022.
MA R. Yuncheng city's wheat production analysis on current situation and stable development[D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2022.

- tural University, 2022.
- [3] 张立生,温辉芹,裴自友,等. 山西省小麦生产现状及存在的问题[J]. 农业科技通讯, 2014(1):12-14.
ZHANG L S, WEN H J, PEI Z Y, et al. Current status and existing problems of wheat production in Shanxi province[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2014(1):12-14.
- [4] 田志刚,高涛,杨光. 山西省小麦生产现状及存在问题分析[J]. 科技情报开发与经济, 2013(17):139-141.
TIAN Z G, GAO T, YANG G. Analysis on the current status of and existing problems in the wheat production of Shanxi province[J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2013(17):139-141.
- [5] 姚建民,王海存,殷海善. 旱地冬小麦渗水地膜全覆盖穴播试验[J]. 山西农业科学, 1998, 26(1):7-10.
YAO J M, WANG H C, YIN H S. A test of the winter wheat bunch sowing with water-osmosis plastic membrane covering in semi-arid land[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 1998, 26(1):7-10.
- [6] 李黔燕. 济麦22号的生长特性与高产栽培技术[J]. 农家参谋, 2021, 28(9):37-38.
LI Q Y. Growth characteristics and high-yield cultivation techniques of Jimai 22[J]. The Farmers Consultant, 2021, 28(9):37-38.
- [7] 姚建民. 最大概率原理在农田生态系统中的应用[J]. 生态学杂志, 1993, 12(4):58-60.
YAO J M. Application of the maximum probability principle in farmland ecosystems[J]. Chinese Journal of Ecology, 1993, 12(4):58-60.
- [8] 李娅,封云涛,郭晓君,等. 10%啶草酮可湿性粉剂对冬小麦田间杂草的防治效果及安全性分析[J]. 山西农业科学, 2022, 50(12):1689-1694.
LI Y, FENG Y T, GUO X J, et al. Control efficacy and safety analysis of 10% of carfentrazone-ethyl wettable powder on weeds in winter wheat field[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2022, 50(12):1689-1694.
- [9] 姚建民,毕昕媛,尚武平,等. 生物降解渗水地膜覆盖旱地谷子试验[J]. 山西农业科学, 2020, 48(2):198-202, 259.
YAO J M, BI X Y, SHANG W P, et al. Experiment of millet in dry land covered with biodegradable permeable plastic film [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2020, 48(2):198-202, 259.
- [10] 杨磊,孙敏,林文,等. 群体结构对旱地小麦土壤耗水与物质生产形成的影响[J]. 生态学杂志, 2021, 40(5):1356-1365.
YANG L, SUN M, LIN W, et al. Effects of population structure on soil water consumption and dry matter production of dryland wheat[J]. Chinese Journal of Ecology, 2021, 40(5):1356-1365.
- [11] 姚建民. 晋南盆地小麦产量结构与产量水平关系的分析[J]. 华北农学报, 1987, 2(1):43-48.
YAO J M. Analysis of the relationship between yield structure and yield level of wheat in the Jinnan basin[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 1987, 2(1):43-48.
- [12] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 全生物降解农用地面覆盖薄膜:GB/T 35795—2017[S]. 北京:中国标准出版社, 2017.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Biodegradable mulching film for agricultural uses: GB/T 35795-2017 [S]. Beijing:Standards Press of China, 2017.
- [13] 毕昕媛,姚建民. 聚碳酸亚丙酯生物降解渗水地膜的研制及性能分析[J]. 中国塑料, 2021, 35(10):21-25.
BI X Y, YAO J M. Preparation and performance analysis of PPC-based biodegradable water-permeable mulch film[J]. China Plastics, 2021, 35(10):21-25.
- [14] 郑爱泉,司发余,张睿,等. 不同施肥水平下晋麦47小麦产量及水分利用效率研究[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(11):1-4.
ZHENG A Q, SI F Y, ZHANG R, et al. Study on yield and water use efficiency of 'Jimai 47' wheat under different fertilization levels[J]. Journal of Shaanxi Agricultural Sciences, 2021, 67(11):1-4.
- [15] 姚建民,殷海善. 降水资源有效化与旱地农业[J]. 资源科学, 1999, 21(4):47-50.
YAO J M, YIN H S. Rainfall resources validation and dryland farming[J]. Resources Science, 1999, 21(4):47-50.
- [16] 高新梅,史占良,赵彦坤,等. 节水灌溉条件下小麦新品系'石17T5252'的性状表现[J]. 中国农学通报, 2024, 40(11):1-8.
GAO X M, SHI Z L, ZHAO Y K, et al. Analysis of high yield and quality of a new wheat line'Shi 17T5252' under water-saving irrigation[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2024, 40(11):1-8.
- [17] 王子怡,李向强,张佳祺,等. 节水灌溉对冬小麦/夏玉米周年两熟作物光合和细胞保护参数及产量性状的影响[J]. 中国科技论文在线精品论文, 2023, 16(3):343-354.
WANG Z Y, LI X Q, ZHANG J Q, et al. Effects of water-saving irrigation on photosynthetic and cell protection system parameters and yield traits of winter wheat/summer maize double cropping crops[J]. Highlights of Sciencepaper Online, 2023, 16(3):343-354.
- [18] 卢伟鹏,张龙龙,杨建平. 不同布管方式对滴灌春小麦干物质积累、株高和籽粒产量的影响及行间差异[C]//2019年中国作物学会学术年会论文摘要集. 杭州:中国作物学会, 2019:189.
LU W P, ZHANG L L, YANG J P. Effects of different pipe layouts on dry matter accumulation, plant height, grain yield, and inter-row differences in drip-irrigated spring wheat[C]// Proceedings of the 2019 annual academic conference of the crop science society of China. Hangzhou: Crop Science Society of China, 2019:189.
- [19] 沈章明,吴艳梅,黄轩. 不同布管方式对滴灌春小麦综合经济效益的影响分析[J]. 石河子科技, 2024, 30(3):5-7.
SHEN Z M, WU Y M, HUANG X. Analysis of the comprehensive economic benefits of different pipe layouts on drip-irrigated spring wheat[J]. Shihezi Science and Technology, 2024, 30(3):5-7.
- [20] 李亚春,刘新红,邵思宁. 济麦22在淮北区引进试种表现[J]. 中国种业, 2007(12):38.
LI Y C, LIU X H, BU S N. Introduction and trial planting performance of Jimai 22 in Huabei wheat region[J]. China Seed Industry, 2007(12):38.