

不同覆膜穴播种植方式对谷子和糜子生长发育及水分利用率的影响

周花¹, 戴丽君¹, 李永平², 梁金霞¹, 马亚平³

(1. 彭阳县科学技术局, 宁夏 彭阳 756500; 2. 宁夏农林科学院固原分院, 宁夏 固原 756000; 3. 彭阳县水务局水土保持站, 宁夏 彭阳 756500)

摘要: 在宁南干旱区采用田区定位试验方法, 研究了不同覆膜穴播模式谷子和糜子生长期主要农艺性状、耗水特征与产量的关系。结果表明, 覆膜穴播谷子产量为 5 751.0~6 453.0 kg/hm², 增产效果依次为渗水微膜、普通微膜、垄上覆膜+沟内穴播、降解微膜, 较不覆膜穴播增产 48.4%~66.5%, 水分利用效率(WUE)为 17.40~19.95 kg/(mm·hm²), 较不覆膜穴播提高 58.9%~82.2%。覆膜穴播糜子产量为 4 525.5~5 040.0 kg/hm², 较不覆膜穴播增产 53.9~71.3%; 水分利用效率(WUE)为 14.25~16.95 kg/(mm·hm²), 较不覆膜穴播提高 31.9~56.9%。在干旱半干旱区干旱胁迫环境下, 渗水微膜穴播、垄上覆膜+沟内穴播是实现谷子和糜子种植的最佳方式。

关键词: 谷子; 糜子; 覆膜穴播; 干旱胁迫; 产量水平; 水分利用效率

中图分类号: S515; S516 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)04-0029-08

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.04.009

Effects of Different Mulching Hole-planting Methods on Growing Development and Water Use Efficiency of Foxtail Millet and *Panicum miliaceum* L.

ZHOU Hua¹, DAI Lijun¹, LI Yongping², LIANG Jinxia¹, MA Yaping³

(1. Pengyang Science and Technology Bureau, Pengyang Ningxia 756500, China; 2. Guyuan Branch of Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Guyuan Ningxia 756000, China; 3. Soil and Water Conservation Station, Pengyang County Water Bureau, Pengyang Ningxia 756500, China)

Abstract: The relationship between main agronomic characters, water consumption characteristics and

收稿日期: 2020-11-16

基金项目: 宁夏科技成果转化东西部合作产业扶贫项目“六盘山特困区小杂粮精准扶贫技术集成示范”(2018BFF020)。

作者简介: 周花(1980—), 女, 宁夏彭阳人, 农艺师, 主要从事作物新品种引进和旱作节水农业新技术集成研究与示范工作。Email: 463037167@qq.com。

通信作者: 李永平(1955—), 男, 宁夏固原人, 研究员, 主要从事旱区节水农业与水资源高效利用方面科研与示范工作。Email: nxgylyp@163.com。

51(10): 1845-1854.

农业大学, 2019.

[12] 李妍妍, 景希强, 丰光, 等. 玉米倒伏的主要相关因素研究进展[J]. 辽宁农业科学, 2013(4): 47-51.

[14] 丰光, 景希强, 李妍妍, 等. 玉米茎秆性状与倒伏性的相关和通径分析[J]. 华北农学报, 2010, 25(增刊): 72-74.

[13] 徐幸. 种植密度对不同株高玉米品种茎秆抗倒伏性能及产量的影响[D]. 长春: 吉林

(本文责编: 杨杰)

yield of foxtail millet and *Panicum miliaceum* L. under different film mulching and hill-seeding modes was studied by field location experiment in the Arid areas of Southern Ningxia. The results showed that the effect of increasing yield was in the order of water-permeable plastic-film mulch, traditional plastic-film mulch, mulching of ridge with plastic film + hole-planting in furrow and degradable plastic-film mulch, the grain yield of foxtail millet of mulching hole-planting was 5 751.0 ~ 6 453.0 kg/hm², which was 48.4%~66.5% higher than that of no covered hole-planting (CK), and the water use efficiency (WUE) was 17.40~19.95 kg/(mm·hm²), which was 58.9%~82.2% higher than that of hill-planting without film mulching. The yield of *Panicum miliaceum* L. was 4 525.5~5 040.0 kg/hm², which was 53.9%~71.3% higher than that of no covered hole-planting, water use efficiency (WUE) was 14.25~16.95 kg/(mm·hm²), which was 31.9%~56.9% higher than that no covered hole-planting. Under drought stress in arid and semi-arid region, the best planting method of high yield and high efficiency was to adopt permeable micro-film hill-planting and ridge with plastic film + hole-planting in furrow.

Key words: Foxtail millet; *Panicum miliaceum* L; Mulching hole-planting; Drought stress; Yield level; Water use efficiency

谷子和糜子属我国北方地区传统的抗旱耐瘠薄杂粮作物^[1-2],随着杂粮特色产业发展对市场需求的拉动,种植面积呈扩增趋势。据统计,我国谷子种植面积由 2003 年的 72.1 万 hm² 增加到 2018 年的 86.1 万 hm²,总产量由 177.6 万 t 增加为 254.8 万 t,单产由 2 464.8 kg/hm² 增长到 3 009.3 kg/hm²。谷子和糜子每年种植面积占秋粮种植面积的 1%左右^[3]。宁夏南部山区 8 县(区)种植面积 2.5 万 hm² 左右,占当地各类杂粮作物种植面积的 10%左右。

谷子和糜子杂粮产业发展在我国干旱半干旱地区农业结构调整中具有无可替代的作用^[4]。水分成为制约作物产量的主要限制因子,耕作栽培技术创新是提高降水利用率、减缓旱地作物水分供需矛盾的重要途径。作物耗水量是植株蒸腾量、棵间蒸发量之和^[5]。开展作物需水和耗水规律以及水分利用效率的研究,是旱地实现节水增产的潜力所在。樊修武等^[6]研究了谷子杂交种与常规种的水分利用效率、耗水规律及农田水分平衡,表明在谷子水分临界期(孕穗至开花期),不同水分梯度之间产量差异达到极显著水平。糜子的耐旱能力较谷子和高粱强,拔节期和抽穗期缺水严重时往往造成大幅度减产,尤其在抽穗期至灌浆期遇到干旱胁迫可造成植物体内较大的水分亏缺,使光合速

率下降 23%~50%,叶面积指数降低 12%~29%^[7-8]。谷子拔节期、抽穗期和灌浆期为快速营养生长和生殖生长的关键期,特别是抽穗期至灌浆期,为耗水量与土壤水分蒸发(蒸腾)量最大时期^[7,9],需要大量的水分以“水促肥”达到高产。我们采用不同覆膜穴播种植方式,研究谷子和糜子生长期耗水特征及水分利用效率,拟筛选出适合宁南山区旱地谷子和糜子覆膜穴播高效种植方式,提升作物产量和水分转化效率,为高产高效覆膜穴播高产高效种植技术提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2019 年在宁夏农林科学院固原分院长期设立的国家北方旱农实验区彭阳县长城塬涝池村试验点旱地(北纬 35° 51' 42",东经 106° 47' 18")进行,土壤类型属壤黄土黏质,前茬作物为玉米,地力中等。海拔 1 670 m,≥10℃积温 2 500~2 800℃,无霜期 150 d 左右,年均降水量 450 mm,属典型半干旱地区。试验区干旱年、丰水年、正常年份大秋作物主要生长期降水量见表 1。

1.2 材料

指示作物品种谷子为张杂谷 13 号,糜子为固糜 21 号,均由宁夏农林科学院固原分院提供。

表 1 宁南山区彭阳县基点谷子和糜子主要生长期降水量

天气特点	月份/月							全年
	4	5	6	7	8	9	10	
春夏秋连旱(2016年)	49.7	30.7	35.2	123.3	31.7	39.0	23.1	356.5
春夏大旱(2017年)	5.2	35.9	46.7	41.3	123.7	38.5	47.0	372.0
丰水年(2019年)	27.2	44.3	54.1	83.0	182.0	90.5	55.9	572.8
正常年多年平均	32.3	48.4	53.9	81.8	89.9	75.9	30.8	453.9

1.3 试验方法

试验采用随机区组排列。谷子设 5 个处理,分别为①垄膜+沟种穴播种植(LGXB),②渗水微膜穴播(SMXB),③普通微膜穴播(PMXB),④降解微膜穴播(JMXB),⑤不覆盖穴播 CK(LDXB);糜子设 4 个处理,分别为① LGXB,② SMXB,③ PMXB,⑤ CK(LDXB)。

为确保田区试验种植方式与专用机械穴播播种机宽幅一致,处理①(LGXB)选用微膜宽 800 mm×0.008 mm,垄上覆膜(50 cm)+沟内(60 cm)种植,幅宽 110 cm,垄高 15 cm,用穴播机种植 4 行。处理②、③、④微膜宽度均为 1300 mm、厚 0.008 mm,全地面覆膜,种植带为 110 cm,专用穴播机每覆膜带种植谷子或糜子 3 行。处理⑤为不覆膜穴播种植(CK)3 行。处理②、③、④、⑤平均行距为 40 cm、株距 10 cm,密度为 25.0 万穴/hm²。播种量谷子 9.0 kg/hm²、糜子 18.0 kg/hm²,谷子和糜子分别于 4 月 27 日和 5 月 21 日人工覆膜播种。播前整地结合田间机耕或旋耕作业一次性基施磷酸二铵 225 kg/hm²、尿素 150 kg/hm²,苗期及时放苗、补苗、除草等。抽穗期降水后追施尿素 150 kg/hm²。

谷子每处理大区面积为 480 m²(长 30 m×宽 16 m),糜子每处理大区面积为 490 m²(长 35 m×宽 14 m)。9 月 27 日收获,取中间行 15 株进行性状考种,每处理收获面积 3.75 m²(3.00 m×1.25 m),收割后脱粒测产,3 次重复,并对大区试验进行每处理 5

点取样测产校对。

1.4 测定内容及方法

每处理选取 5 株标记,测定主茎干物质质量;在作物拔节期、孕穗期和灌浆期分别测定作物叶面积指数(LAI)。定期测定主要性状。

1.5 土壤水分及贮水量测定

生育期定位测定土壤含水量,取样土层深度为 0~200 cm 或 0~60 cm,每 20 cm 层次取样。土壤贮水量 $SW=H \times d_v \times W\% \times 1000$,式中,SW 为土壤贮水量(mm),H 为土层厚度(m), d_v 为土壤容重(g/cm³),W% 为土壤重量含水量^[10]。

1.6 耗水量及作物水分利用效率测定

作物耗水量(evapotranspiration, ET)由农田土壤水分平衡方程计算^[10-11], $ET(\text{mm})=(SW2-SW1)+SR$,式中 SW1 和 SW2 分别为播种时和某生育阶段 0~200 cm 土层贮水量,SR 为某生育阶段降水量。

作物水分利用效率(WUE)=Y/ET,式中 Y 为含水量 14% 时籽粒产量。

1.7 数据分析

试验数据用 Excel 2010 进行计算、整理制图,用 SPSS 25.0 软件对数值进行统计学分析^[12]。

2 结果与分析

2.1 不同种植方式对作物生长量的影响

通过表 2、表 3 可以看出,旱地谷子和糜子采用不同方式穴播种植,地上部干物质生长量有明显差异。干旱胁迫下谷子田间生长关键期主茎干物质质量由大到小依次为

表2 不同种植方式谷子生长期主茎干物质质量

处理	生长天数/d						合计
	55	79	90	100	110	123	
LGXB	8.4	18.6	30.0	45.9	58.8	60.9	222.6
SMXB	9.7	20.7	32.3	48.6	61.1	62.3	234.7
PMXB	10.5	20.2	32.9	46.2	58.8	61.5	230.1
JMxB	7.1	18.7	26.6	39.4	56.9	60.5	209.2
LDXB(CK)	5.6	15.3	24.3	37.2	50.6	53.8	186.8

表3 不同种植方式糜子生长期主茎干物质质量

处理	生长天数/d						合计
	48	72	83	93	103	116	
LGXB	4.5	9.7	16.0	20.5	35.7	36.5	122.9
SMXB	4.7	10.3	15.2	22.3	38.9	36.2	127.6
PMXB	4.5	10.7	15.2	21.5	37.3	37.7	126.9
LDXB (CK)	3.4	8.5	13.4	17.7	30.6	31.4	105.0

SMXB、PMXB、LGXB、JMxB、LDXB(CK)，糜子田间生长关键期主茎干物质质量由大到小依次为PMXB、SMXB、LGXB、LDXB(CK)。采用垄沟集雨穴播技术和渗水地膜、普通地膜和降解地膜穴播的田间抗旱保水效果和生长量明显高于不覆膜穴播种植。谷子覆膜穴播种植生育期平均主茎干物质质量为34.9~39.1 g，较LDXB(CK)的31.1 g增加12.2%~25.7%；糜子覆膜穴播种植生育期平均主茎干物质质量为20.5~21.3 g，较LDXB(CK)增加17.0%~21.7%。

2.2 不同种植方式对生长期生长量参数的影响

用SPSS25软件对不同种植方式下谷子和糜子作物干物质积累及动态变化特征进行分析和显著性检验，针对生长曲线特征，用Logistic生长曲线方程^[12-14]：

$y = \frac{K}{1 + ae^{-bt}}$ ，谷子 $[X \in (0, 123)]$ ，糜子 $[X \in (0, 116)]$ 。式中： y 为待测生物的某生长指标； t 为生物生长的时间； K 为 y 增长上限， $a = \left[\frac{k}{y_0} - 1 \right] e^{bt}$ 。[其中 $y_0 = y(t_0)$ ， a 为 y 的初始值]； b 为待测生物的自由增长率。

目前Logistic方程的参数估计主要是采用传统的回归分析法^[15-16]，即先将Logistic方程

$y = \frac{K}{1 + ae^{-bt}}$ 化为 $\ln \left[\frac{K}{y_0} - 1 \right] = \ln a - bt$ ，然后令

$z = \ln \left[\frac{K}{y_0} - 1 \right]$ ， $A = \ln a$ ，于是Logistic方程化为线性方程： $z = A - bt$ ，根据最小二乘法方

法： $b = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i t_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$ ； $A = \bar{Z} + b\bar{t}$ ； $a = e^A$

上述公式可得到 a 、 b 估计值， K 值为各处理生长量指标值。

分析结果(表4)表明，谷子和糜子在不同种植方式下生长期与LDXB(CK)单株主茎生长天数(d)和生长量方差及模型参数具有一定的差异。从生长模型参数 K 、 a 和 b 值看，其相关决定系数 R^2 达到0.971~0.988。进入快速生长期，则谷子覆膜穴播种植的主茎生长量 K 值为79.748~89.399，不覆膜穴播(CK)为74.731。糜子覆膜穴播种植主茎生长量 K 值为45.353~51.254，不覆膜穴播(CK)为40.632。2种作物在苗期处理间的生长速度 b 值变化比较平稳，初始增重参数 a

值差异不明显,但进入快速生长期差距明显。

2.3 不同种植方式作物的叶面积指数(LAI)

通过表5可以看出,干旱胁迫下不同种植方式的谷子和糜子采用穴播技术时叶面积指数(LAI)表现差异明显。谷子叶面积指数孕穗期增幅达最大,各覆膜种植方式的LAI值为3.64~5.23,较LDXB(CK)增加65.7%~113.5%;灌浆期LAI值达到高峰,覆膜穴播种植为4.58~5.76,较LDXB(CK)增加20.5%~51.6%。糜子在拔节期叶面积指数变化更明显,覆膜穴播各处理较LDXB(CK)增加200.0%~260.0%;孕穗期覆膜穴播方式的LAI值为2.88~3.73,较LDXB(CK)增加65.5%~114.4%;灌浆期覆膜穴播叶面积达到高峰,LAI值为4.70~5.55,较

LDXB(CK)增加23.7%~46.1%。覆膜穴播种植方式能够有效地改善土壤水分生态环境,增进作物生长速度、增加叶面积群体和提升光合生产效率。

2.4 不同种植方式下作物的主要经济性状及产量构成因素

旱地谷子和糜子产量高低在一定程度上取决于生长期降水量多少。集雨保水关键技术能有效减少土壤水分的蒸发,改善作物水分供需条件,提升主要经济性状值和产量水平^[17-18]。通过表6可以看出,与LDXB(CK)相比,覆膜穴播谷子平均穗数增加3.3万穗/hm²,穗重增加5.5g,穗粒重增加3.2g,理论产量增加1663.1kg/hm²,增产39.1%;覆膜穴播糜子平均穗数增加13.2万穗/hm²,穗粒重增加0.4g,理论产量增加

表4 不同种植方式谷子和糜子主茎生长天数与生长量方差及模型参数分析

作物	处理	平方和	均方	F值	R ²	函数模型参数		
						K	a	b
谷子	LGXB	2 161.08	1 080.54	42.08	0.983	83.115	149.16	0.050
	SMXB	1 921.39	960.69	49.499	0.985	79.748	125.21	0.050
	PMXB	1 941.50	970.75	26.280	0.973	85.168	91.93	0.046
	JMXB	2 182.38	1 091.19	24.881	0.971	89.399	302.48	0.054
	LDXB(CK)	1 512.72	756.36	22.443	0.968	74.731	321.98	0.056
糜子	LGXB	779.62	389.81	110.449	0.993	48.916	250.46	0.058
	SMXB	791.12	395.56	92.753	0.992	45.353	345.23	0.064
	PMXB	832.24	416.12	83.272	0.991	51.254	249.66	0.057
	LDXB(CK)	598.43	299.22	64.205	0.988	40.632	335.06	0.062

表5 不同种植方式谷子和糜子主要生长期叶面积指数(LAI)

作物	处理	拔节期		孕穗期		灌浆期	
		叶面积指数	较CK增加/%	叶面积指数	较CK增加/%	叶面积指数	较CK增加/%
谷子	LGXB	0.17	30.8	3.64	48.6	4.58	20.5
	SMXB	0.23	76.9	5.02	104.9	5.68	49.5
	PMXB	0.26	100.0	5.23	113.5	5.76	51.6
	JMXB	0.16	23.1	4.06	65.7	5.13	35.0
	LDXB(CK)	0.13		2.45		3.80	
糜子	LGXB	0.15	200.0	2.88	65.5	4.70	23.7
	SMXB	0.18	260.0	3.73	114.4	5.55	46.1
	PMXB	0.15	200.0	2.98	71.3	4.97	30.8
	LDXB(CK)	0.05		1.74		3.80	

表 6 不同种植方式谷子和糜子的主茎主要经济性状

作物	处理	穗数 /(万穗/hm ²)	穗长 /cm	穗重 /g	穗粒重 /g	经济系数	理论产量 /(kg/hm ²)
谷子	LGXB	56.4	27.1	16.2	11.2	0.359	6 304.5
	SMXB	56.4	22.5	16.8	11.3	0.375	6 538.5
	PMXB	55.2	26.0	16.8	11.1	0.360	6 139.5
	JMxB	51.6	24.5	14.1	9.1	0.350	4 686.0
	LDXB(CK)	51.6	24.7	10.5	7.5	0.330	4 254.0
糜子	LGXB	97.1	35.5	5.2	3.9	0.365	4 707.0
	SMXB	98.4	34.7	5.1	3.4	0.335	4 690.5
	PMXB	96.0	36.2	5.1	3.2	0.350	4 663.5
	LDXB(CK)	84.0	35.3	5.2	3.1	0.352	4 476.0

表 7 不同种植方式的谷子主要经济性状与产量相关分析

因子	X1	X2	X3	X4	X5	y
X1	1					
X2	0.125	1				
X3	0.850*	0.086	1			
X4	0.930**	0.135	0.983**	1		
X5	0.838*	-0.233	0.939**	0.927*	1	
y	0.983**	0.074	0.929**	0.977**	0.911*	1

249.5 kg/hm², 增产 5.6%。

对谷子穗数(X1)、穗长(X2)、主茎穗重(X3)穗粒重(X4)、经济系数(X5)与产量(y)进行相关分析(表7)可以看出, 主要经济性状 X1、X3、X4、X5 与产量(y)之间存在显著或极显著相关($R=0.838 \sim 0.983$)。

2.5 不同种植方式的产量、耗水特征及水分生产效率

2.5.1 耗水量

从表 8 可以看出, 旱地谷子和糜子采用覆膜穴播技术能够极大地缓解和降低干旱对作物产量的损失程度。谷子覆膜穴播播种至出苗、出苗至抽穗、抽穗至成熟阶段耗水量分别占总耗水量的 6.0%~9.4%、16.5%~21.6%、70.2%~76.3%, 生长期较 LDXB(CK)可增加有效蓄水量 55.0~70.0 mm。糜子覆膜穴播播种至出苗、出苗至抽穗、抽穗至成熟阶段耗水量分别占总耗水量的 9.9%~11.9%、32.7%~37.5%、52.6%~55.6%, 生长期较 LDXB(CK)可增加有效蓄水

量 26.1~45.2 mm。拔节-抽穗(7月上旬至8月上旬)为干旱胁迫的主要阶段, 降水量少时造成卡脖子干旱, 严重影响作物抽穗灌浆对水分的需求。作物采用覆膜穴播种植方式能有效降低干旱胁迫造成的损失。

2.5.2 产量及水分利用效率

水分利用效率(WUE)体现了作物形成经济产量与水分消耗之间的关系, 是作物水分利用特性及高利用水最有效的表示方式, 可作为定量化研究作物丰产性与抗旱性的指标。通过表 8 可以看出, 谷子采取覆膜穴播种植方式, 产量为 5 751.0~6 453.0 kg/hm², 增产效果由大到小依次为 SMXB、PMXB、LGXB、JMxB, 较 LDXB(CK)产量 3 876.0 kg/hm²增产 48.4%~66.5%; 水分利用效率(WUE)达 17.40~19.95 kg/(mm·hm²), 较 LDXB(CK)10.95 kg/(mm·hm²)提高 58.9%~82.2%。糜子覆膜穴播种植产量为 4 525.5~5 040.0 kg/hm², 较 LDXB(CK)2 941.5 kg/hm²增产 53.9%~71.3%; 水

表 8 不同种植方式谷子和糜子下生长期耗水量和水分利用效率^①

作物	处理	耗水量/mm				产量 /(kg/hm ²)	较CK 增产 /%	WUE /[kg/(mm·hm ²)]	较CK 增加 /%
		播种至 出苗	出苗至 抽穗	抽穗至 成熟	生长期				
谷子	LGXB	23.8	54.3	251.6	329.7	6 237.0	60.9	18.90	72.6
	SMXB	26.6	70.1	227.8	324.5	6 453.0	66.5	19.95	82.2
	PMXB	19.8	68.3	242.1	330.2	6 319.5	63.0	19.20	75.3
	JMxB	31.1	66.5	232.7	330.3	5 751.0	48.4	17.40	58.9
	LDXB(CK)	53.3	68.0	230.8	352.1	3 876.0		10.95	
糜子	LGXB	37.0	103.7	176.0	316.7	4 525.5	53.9	14.25	31.9
	SMXB	36.6	102.9	166.8	306.3	5 040.0	71.3	16.50	52.8
	PMXB	29.4	111.6	156.6	297.6	5 022.0	70.7	16.95	56.9
	LDXB(CK)	19.5	104.4	147.6	271.5	2 941.5		10.80	

①谷子和糜子生育期降水量分别为 452.1 mm 和 394.0 mm, 表中产量为小区实际收获产量。

分利用效率(WUE)达到 14.25 ~ 16.95 kg/(mm·hm²), 较 LDXB(CK)提高 31.9% ~ 56.9%。

3 小结与讨论

在宁南山区旱地上, 谷子和糜子采用不同微膜覆盖穴播种植方式能显著改善土壤水分状况, 有效降低土壤水分无效蒸发, 抗旱节水增产效果显著, 水分利用效率高, 促进作物生长, 扩大群体叶面积和提升光合效率。谷子覆膜穴播产量为 5 751.0 ~ 6 453.0 kg/hm², 增产效果依次为渗水微膜、普通微膜、垄上覆膜 + 沟内穴播、降解微膜, 较不覆膜穴播增产 48.4% ~ 66.5%, 水分利用效率(WUE)为 17.40 ~ 19.95 kg/(mm·hm²), 较不覆膜穴播提高 58.9% ~ 82.2%。糜子覆膜穴播产量为 4 525.5 ~ 5 040.0 kg/hm², 较不覆膜穴播增产 53.9% ~ 71.3%; 水分利用效率(WUE)为 14.25 ~ 16.95 kg/(mm·hm²), 较不覆膜穴播提高 31.9% ~ 56.9%。谷子、糜子微膜覆膜穴播种植方式较不覆膜穴播多增蓄水量 55.0 ~ 70.0、26.1 ~ 45.2 mm, 在春夏季干旱胁迫期可极大的降低旱灾对生产的损失程度。渗水微膜穴播和垄上覆膜 + 沟内穴播, 适宜在宁南山区及我国北方干旱半干旱区应用。

在灌浆成熟阶段, 渗水地膜覆盖灌浆期

提前结束 5 d 左右^[19], 产量构成因素中的单穗重及单穗粒重是产量差异的直接原因^[20]。谷子和糜子采用渗水微膜穴播后单穗重和单穗粒重显著高于对照, 这和赵禹凯等^[11]和朱元刚等^[21]的研究基本一致。垄沟集雨种植方式能够改善降水的空间分配, 增强种植区水分的供应能力, 具有显著的保水蓄墒效果, 从而提高作物的水肥利用效率^[22]。采用垄上覆膜 + 沟内种植使群体中作物边行株高、叶面积和生物量显著提高, 特别适合在年降水量 300~450 mm 地区多种作物种植^[11]。

拔节期干旱对作物农艺性状的严重影响, 进而使产量也有大幅度降低。拔节期和灌浆期是谷子水分敏感期^[23]。不同生育时期耗水量和耗水强度存在一定的差异, 出苗至抽穗期, 谷子和糜子在覆膜穴播种植方式下耗水量较少, 不覆膜穴播种植耗水量较大。生长期总耗水量谷子覆膜穴播较不覆膜穴播小, 可能与覆膜穴播种植有效地减少裸地蒸发, 即减少田间无效蒸腾有关。谷子和糜子苗期至拔节期需水较少, 抽穗至灌浆期需水急剧增加。在生产中加强保水抗旱措施尤为重要, 旱地采用覆膜穴播是高产高效种植新技术, 也是进一步

挖掘降水生产潜力和实现创建高产田的关键技术^[24-25]。

参考文献:

- [1] 赵禹凯, 王显瑞, 陈高勋, 等. 谷子主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 内蒙古农业大学学报, 2014, 35(2): 35-38.
- [2] 周海燕. 毛乌素沙地主要作物糜子生理生态学特性的研究[J]. 作物学报, 2001, 27(6): 908-913.
- [3] 国家统计局农村社会经济调查司. 2020 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [4] 林汝法, 柴岩, 廖琴, 等. 中国小杂粮[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [5] 何俊仕, 边晓东, 付玉娟, 等. 西辽河平原主要作物耗水量及耗水规律研究[J]. 节水灌溉, 2012(11): 1-4.
- [6] 樊修武, 池宝亮. 谷子杂交种与常规种水分利用效率及耗水规律差异[J]. 山西农业科学, 2011, 39(5): 428-431.
- [7] 王君杰, 王宇楠, 王海岗, 等. 降雨量与旱地糜子产量的关系[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(4): 11-14.
- [8] 高俊山, 魏仰浩. 我国糜子的抗旱适应性及其在干旱地区农业生产中的地位[J]. 粟类作物, 1990(2): 13-16.
- [9] 刘启, 贾志宽, 连延浩, 等. 沟垄集雨种植模式下谷子种植密度对土壤水分及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(2): 81-86.
- [10] 李永平, 贾志宽, 刘世新, 等. 宁南山区旱地苜蓿沟集雨种植生物群体生长特征及其水分利用效率[J]. 水土保持研究, 2006, 13(5): 199-204.
- [11] 樊廷录, 李永平, 李尚中, 等. 旱作地膜玉米密植增产用水效应及土壤水分时空变化[J]. 中国农业科学, 2016, 49(19): 3721-3732.
- [12] 邓维武, 周玉敏, 刘进, 等. SPSS23 统计分析实用教程: 第2版[M]. 北京: 电子工业出版社, 2018.
- [13] 秦莹莹, 董树亭, 魏珊珊, 等. 去苞叶对夏玉米籽粒灌浆特性和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(11): 2118-2126.
- [14] 陈炜, 邓西平, 聂朝娟, 等. 不同栽培模式下两个旱地小麦品种籽粒灌浆特性与产量构成分析[J]. 水土保持研究, 2010, 17(3): 240-244.
- [15] 岳海旺, 陈淑萍, 彭海成, 等. 玉米籽粒灌浆特性品种间比较[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(5): 1043-1048.
- [16] 屈洋, 冯佰利. 不同节水种植模式对糜子籽粒产量和水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 68-72.
- [17] 高晓容, 王春乙, 张继权, 等. 近50年东北玉米生育阶段需水量及早涝时空变化[J]. 农业工程学报, 2012, 28(12): 101-109.
- [18] 王小林, 纪晓玲, 张静, 等. 密度和集雨补灌对黄土旱区谷子产量及水分利用效率的影响[J]. 陕西农业科学, 2019, 65(3): 10-16.
- [19] 郭秀卿, 崔福柱, 郝建平, 等. 渗水地膜覆盖对旱地谷子生育时期及产量的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2012, 32(2): 107-111.
- [20] 夏雪岩, 宋世佳, 刘猛, 等. 夏播旱地谷子渗水地膜穴播增产机理研究[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(3): 119-125.
- [21] 朱元刚, 高凤菊. 不同行株距配置下夏播谷子产量及相关性状的多重分析[J]. 核农学报, 2014(12): 2290-2299.
- [22] 陈雪娇, 张旭东, 韩治中, 等. 半干旱区沟垄集雨种植谷子的肥料效应及其增产贡献[J]. 作物学报, 2018, 44(7): 1055-1066.
- [23] 王永丽, 王珏, 杜金哲, 等. 不同时期干旱胁迫对谷子农艺性状的影响[J]. 华北农学报, 2012, 27(6): 125-129.
- [24] 赵连芝, 杜蓉, 刘占鑫, 等. 富硒谷子绿色生产技术规程[J]. 甘肃农业科技, 2018(9): 93-94.
- [25] 杨建红, 武江燕, 张小红. 5个糜子新品种在会宁县旱川地的引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2020(10): 72-75.

(本文责编: 陈伟)