

种植密度对晋糯 20 号玉米产量和商品性的影响

温日宇, 陈永欣, 张魏斌, 高瑞红, 姜庆国, 魏振飞, 范 瑞
(山西农业大学玉米研究所, 山西 忻州 034000)

摘要: 为明确不同种植密度对晋糯 20 号玉米产量和商品性的影响, 给该品种的推广提供技术支持。采用二因素裂区设计, 主区为 4 个密度梯度(4.50 万、5.25 万、6.00 万、6.75 万株/hm²), 副区为 4 个行距(40 cm、50 cm、60 cm、40 cm+60 cm), 共 16 个处理进行田间试验。结果表明: 密度对晋糯 20 号鲜穗重、百粒重、穗长、产量影响极显著, 行距对鲜穗重、产量影响差异, 密度行距互作对产量影响极显著。随种植密度的增加, 晋糯 20 号单株干物质呈下降趋势, 鲜穗产量呈先增后降再增的变化趋势; 密度为 5.25 万株/hm² 处理下, 产量最高, 穗长、穗质量和百粒重也表现较好, 此密度下配 40 cm+60 cm 行距, 鲜穗产量可达 (13 992.90±142.50) kg/hm², 优级穗率最高, 为 92.5%。此外, 密度对优级穗率影响显著, 宽窄行可以提高优级穗率。建议在晋糯 20 号的种植过程中, 采用 5.25 万株/hm² 配 40 cm+60 cm 行距, 可明显提高产量与商品品质。

关键词: 晋糯 20 号; 密度; 行距; 产量; 商品性

中图分类号: S513

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2023)03-0234-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.03.009

Effects of Planting Density and Row Spacing on Yield and Commodity of Maize Variety Jinnuo 20

WEN Riyu, CHEN Yongxin, ZHANG Weibin, GAO Ruihong, JIANG Qingguo, WEI Zhenfei, FAN Rui
(Maize Research Institute, Shanxi Agricultural University, Xinzhou Shanxi 034000, China)

Abstract: In order to determine the effects of different planting densities and row spacing on yield and product quality of maize variety Jinnuo 20 and to provide technical support for the promotion of this variety, a two-factor split plot design was adopted, the main plot was divided into 4 density gradients (45 000, 52 500, 60 000, and 67 500 plants/ha), and the sub-plot was divided into 4 row spacing (40 cm, 50 cm, 60 cm and 40 cm+60 cm), therefore sixteen treatments were studied. The results showed that density had significant effects on fresh ear weight, 100-grain weight, ear length and yield of Jinnuo 20, whereas row spacing had significant effects on fresh ear weight and yield. The interaction of density and row spacing had an extremely significant effect on yield. With the increase of planting density, the dry matter per plant decreased, and the fresh ear weight increased first, then decreased and then increased. The yield was the highest when the density was 52 500 plants/ha and the ear length, ear quality and 100-grain weight were also ideal. Under this density, the yield could reach 13 992.90±142.50 kg/ha with 40 cm+60 cm row spacing applied and the rate of excellent ear was the highest, i.e. 92.5%. In addition, density had a significant effect on the rate of excellent ear, and narrow row width could improve the rate of excellent ear. Therefore, it is suggested to adopt 52 500 plants/ha with 40 cm+60 cm row spacing in the demonstration and promotion process of Jinnuo 20, which could improve the yield and commodity quality significantly.

Key words: Jinnuo 20; Density; Row spacing; Yield; Commodity

鲜食糯玉米以丰富的营养、鲜美的风味、良好的适口性等特点市场需求越来越大, 现阶段, 我国糯玉米种植面积已经超过 80 万 hm² [1]。鲜食玉米在山西推广应用市场广阔, 主要以糯玉米为

主, 种植面积约 3.33 万 hm² [2], 集中在山西中北部, 主推品种为山西农业大学选育的甜糯玉米品种晋糯 20 号、万糯 2000、京科糯 2000 等优秀国审品种, 其产品以真空包装、速冻加工为主, 相

收稿日期: 2022-05-27

基金项目: 中央引导地方科技发展资金项目(YDZJSX2021C021); 忻州市重点研发计划(20200319)。

作者简介: 温日宇(1976—), 男, 山西山阴人, 副研究员, 硕士, 主要从事玉米品种选育及技术推广工作。Email: 1455726929@qq.com。

通信作者: 张魏斌(1989—), 男, 山西孝义人, 博士, 主要从事杂粮作物栽培技术与示范推广工作。Email: nongdazwb@163.com。

关加工企业有60多家,也有部分鲜穗在夏季直接上市,逐渐成为本地区重要的经济作物^[3]。

糯玉米在销售过程中以穗定价,优级穗、一级穗越多,效益越好,而种植密度显著影响糯玉米产量、品质^[4]。我们经过调研发现,山西忻州等地糯玉米种植密度集中在4.5万~6.0万株/hm²,行距在40~60cm,部分新开发的种植区域农户参照普通玉米种植方式,影响糯玉米的产量及商品品质,种植收益不高。合理的行距配置是增加玉米产量的重要途径^[5],合理密度能够挖掘玉米群体增产潜力,但不同地区不同糯玉米品种适宜密度不同。明博等^[6]在调研南方糯玉米种植区域时发现,糯玉米种植密度从2005年的5.62万株/hm²下降到2016年的4.87万株/hm²;李青超等^[7]研究表明,黑龙江省糯玉米品种京科糯2000和花甜加糯129的种植密度3.75万、4.50万、5.25万株/hm²,糯玉米产量随着密度的增加而增加;曹庆军等研究发现,在3.5万株/hm²到6.5万株/hm²范围内,糯玉米(吉农糯112)鲜穗产量随密度增加先增加后降低^[8]。采用合理行距,能够改善玉米生长状况,充分发挥品种增产潜力。有研究发现,宽窄行种植构建了新的冠层结构,提升玉米光合利用能力,有利于延缓生育后期玉米功能叶片的衰老,此外,在中密度下宽窄行处理玉米穗重优于等行距^[9-11]。生产上调整种植密度和行距,形成合理密植增产的技术,农户易于接受,因此我们以国审黑糯玉米品种晋糯20号为指示品种,研究了密度和行距对其产量与商品性的影响,以期晋糯20号的推广提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2020年在山西农业大学玉米研究所玉米品种展示基地(忻州市忻府区东楼村,112° 79' E, 38° 44' N)进行。该基地位于山西中北部的忻定原盆地,当地年平均降水量为420~470mm,无霜期为167d。试验地前茬作物为普通玉米,中等肥力,0~20cm土壤含有机质14.9g/kg、有效氮90.6mg/kg、速效磷12.9mg/kg、速效钾126.5mg/kg。

1.2 试验材料

供试糯玉米品种为晋糯20号,由山西农业大学玉米研究所提供,于2019年通过国审,国审编

号:国审玉20190384。

1.3 试验方法

试验采用二因素裂区设计,主区为种植密度,分别为4.50万株/hm²、5.25万株/hm²、6.00万株/hm²、6.75万株/hm²4个梯度;副区为种植行距,分别为40cm、50cm、60cm、40cm+60cm宽窄行4个梯度。共16个处理,3次重复,小区面积50m²。播前撒施基肥,N-P₂O₅-K₂O施用量分别为150.0、112.5、112.5kg/hm²,整地时一次性基施。拔节期追尿素60kg/hm²并灌水,常规管理,于5月8日播种,8月8日采收。

收获时,每个小区随机选取20个鲜果穗进行考种,测定穗长、穗重、穗粒数、百粒重、空秆率、双穗率,并计算鲜穗产量。根据穗长和鲜重质量进行分级,优级品果穗规格为穗长17~19cm,鲜重质量260~280g;一级品果穗规格为穗长15.0~16.9cm,鲜穗重230~260g^[4]。

1.4 数据分析

采用WPS 2017进行数据整理并作图,用SPSS 22.0进行数据统计分析并做箱图,采用邓肯(Duncan)检验比较不同指标在种植密度间、行距间和种植密度和行距互作效应间的差异。

2 结果与分析

2.1 不同密度和行距对晋糯20号单株干物质质量的影响

由图1可知,40cm+60cm行距处理下,晋糯20号地上单株干物质质量最高,但与其他处理差异不显著,可见行距对单株干物质质量调控作用较弱。

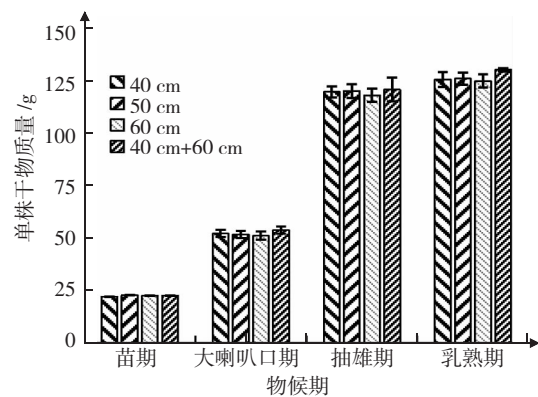


图1 行距对晋糯20号地上单株干物质的影响

由图2可知,晋糯20号单株地上干物质质量随着生育期推进,呈S型上升趋势。在4.50万株/hm²到6.75万株/hm²范围内,单株干物质质量随密度的

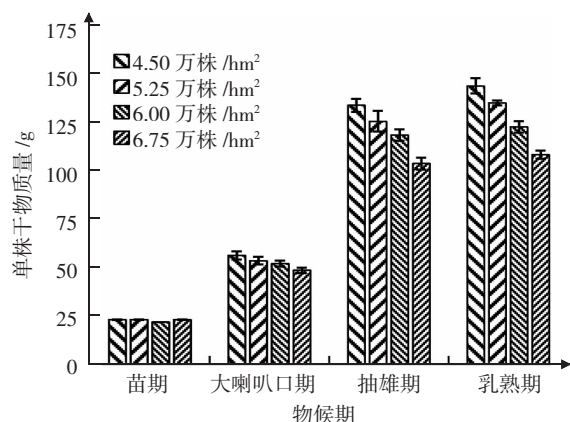


图 2 种植密度对晋糯 20 号地上单株干物质的影响

增加呈下降趋势, 其中 4.50 万株 /hm² 密度处理下单株干物质质量最高, 且在乳熟期与其他处理差异显著, 密度 6.75 万株 /hm² 下各生育期单株干物质质量最低, 且在抽雄期、乳熟期与其他处理差异显著。可见低密度有利于晋糯 20 号单株地上干物质质量的积累, 高密度不利于抽雄期、乳熟期地上干物质质量积累。

2.2 不同密度和行距对晋糯 20 号产量及其构成的影响

由表 1、表 2 可知, 密度对晋糯 20 号鲜穗重、百粒重、穗长、鲜穗产量影响差异极显著, 行距

对鲜穗产量影响差异极显著, 密度行距交互对鲜穗产量影响极显著。鲜穗重、百粒重随密度增加先增加后降低, 鲜穗重在密度 4.50 万 ~ 5.25 万株 /hm² 处理下表现较好, 集中在 253.53 ~ 268.16 g, 显著高于其他处理。密度 4.50 万株 /hm² 配 40 cm+60 cm 行距时, 鲜穗重最高; 密度 6.75 万株 /hm²、行距 60 cm 时, 鲜穗重最低。在密度 5.25 万株 /hm² 处理下配 40 cm+60 cm 行距, 百粒重最高; 鲜穗产量随密度增加先增加后降低, 5.25 万株 /hm² 配 40 cm+60 cm 行距时, 鲜穗产量最高, 为(13 992.90 ± 142.50)kg/hm², 且与相同密度下不同行距处理差异显著。4.50 万 ~ 6.00 万株 /hm² 密度下, 行距 40 cm+60 cm 处理的鲜穗产量最高。可见, 适宜的密度和行距能够保证晋糯 20 号高产, 以密度 5.25 万株 /hm² 配 40 cm+60 cm 行距增产效果最好。

2.3 不同密度行距对晋糯 20 号植株双穗率、空秆率的影响

表 2 所示, 密度对晋糯 20 号双穗率、空秆率的影响为极显著, 行距对双穗率影响显著。随密度增加, 晋糯 20 号双穗率逐渐降低, 空秆率增加, 4.50 万株 /hm² 配 40 cm+60 cm 行距双穗率最高, 6.75 万株 /hm² 配 40 cm 行距空秆率最高; 可

表 1 不同密度和行距的晋糯 20 号产量及构成因子

密度 / (万株/hm ²)	行距 /cm	鲜穗重 /g	百粒重 /g	穗长 /cm	双穗率 /%	空秆率 /%	鲜穗产量 / (kg/hm ²)
4.50	40	253.53±4.1 b	31.71±0.50 bc	18.55±0.41 bcd	9.55±0.25 a	1.40±0.10 f	10 963.65±90.00 h
	50	262.96±4.55 a	34.00±0.95 ab	17.93±0.43 cdef	8.05±0.55 b	1.40±0.10 f	11 385.00±112.50 gh
	60	262.69±3.65 a	34.45±1.00 ab	18.39±0.36 bcde	8.15±0.55 b	1.35±0.05 f	11 388.75±90.00 gh
	40+60	268.16±3.18 a	34.77±0.90 ab	19.62±0.39 ab	9.90±0.40 a	1.45±0.05 ef	11 542.80±97.50 fg
5.25	40	254.92±2.71 b	35.30±1.05 a	18.89±0.37 bc	5.45±0.15 cd	1.95±0.15 d	12 341.25±127.50 de
	50	264.90±2.62 a	35.57±1.00 a	18.99±0.37 bc	5.60±0.20 cd	1.85±0.05 de	13 272.30±112.50 b
	60	263.16±3.18 a	36.05±1.07 a	19.46±0.39 ab	6.05±0.15 c	1.70±0.1d ef	13 083.75±120.00 bc
	40+60	267.69±3.65 a	36.56±1.10 a	20.50±0.36 a	5.05±0.15 de	1.75±0.05 def	13 992.90±142.50 a
6.00	40	227.13±3.13 d	28.87±0.66 cde	18.92±0.03 bc	4.10±0.10 f	3.15±0.05 c	12 468.75±135.00 d
	50	230.63±5.63 cd	28.76±0.87 cde	18.49±0.37 bcd	4.20±0.10 f	3.35±0.15 c	13 317.90±127.50 b
	60	225.67±6.18 d	30.28±0.98 cd	17.98±0.38 cdef	4.53±0.08 ef	3.35±0.15 c	12 776.25±157.50 cd
	40+60	234.63±6.63 c	30.48±1.11 c	19.26±0.38 b	4.15±0.15 f	3.20±0.20 c	13 517.85±150.00 b
6.75	40	185.09±7.13 ef	25.21±1.66 f	17.16±0.41 ef	2.75±0.05 g	6.05±0.15 a	11 607.75±157.50 fg
	50	184.34±6.18 fg	26.41±1.12 ef	16.94±0.42 f	1.65±0.05 hi	5.70±0.20 ab	11 937.90±187.50 ef
	60	183.26±5.26 f	26.24±1.28 ef	17.62±0.4d ef	1.05±0.05 i	5.75±0.15 ab	11 285.40±195.00 gh
	40+60	192.36±6.16 e	26.93±1.28 def	17.60±0.35 def	1.85±0.05 h	5.60±0.20 c	11 681.25±202.50 fg

表2 不同密度和处理的行距对晋糯20号产量及构成方差分析(均方)^①

变异来源	鲜穗重	百粒重	穗长	双穗率	空秆率	鲜穗产量
密度	10 376.30**	148.42**	6.215**	69.85**	31.26**	31 892.44**
行距	155.06*	5.60	2.014**	0.60*	0.03	4 889.48**
密度*行距	15.101	0.57	0.308	0.87**	0.03	823.50**
误差	47.08	2.24	0.278	0.12	0.03	179.31

①* 表示 $P < 0.05$ 水平显著, ** 表示 $P < 0.01$ 水平显著。

见密度对晋糯 20 号的双穗率和空秆率调控作用明显, 行距对双穗率有轻微调控作用。

2.4 不同密度行距对商品性的影响

在鲜食糯玉米的生产过程中, 果穗规格是重要的商品品质, 由表 1 可知, 在 16 个处理中, 鲜穗产量较高的 4 个处理分别是, 密度 5.25 万株 / hm^2 配行距 40 cm+60 cm、5.25 万株 / hm^2 配行距 50 cm, 6.00 万株 / hm^2 配行距 40 cm+60 cm, 6.00 万株 / hm^2 配 50 cm 行距, 选取这 4 个处理下 40 个鲜穗, 比较鲜穗重、穗长的差异, 结果见表 3。可以看出, 行距 50 cm、40 cm+60 cm 在密度 5.25 万株 / hm^2 处理下, 果穗优级品占比分别为 90.0%、92.5%, 在密度 6.00 万株 / hm^2 处理下, 优级品占比分别为 65.0%、42.5%, 一级品占比 27.5%、42.5%。密度 5.25 万株 / hm^2 配行距 40 cm+60 cm 处理不仅优级品果穗产出率最高, 为 92.5%。可见增加密度会降低晋糯 20 号的商品性, 宽窄行种植有利于提高商品性。

3 讨论与结论

通过增加密度提高玉米群体产量是最有利最直接的栽培措施, 但在增加密度的过程中, 单株与群体矛盾增大, 产量与种植密度表现出二次方关系, 合理的种植密度对鲜食玉米产量增加具有重要意义, 是获得高鲜果穗产量的前提条件^[12-13]。本试验设置了 4 个密度梯度, 结果表明, 密度在 5.25 万株 / hm^2 时糯玉米产量最高, 继续提高密度,

从 5.25 万株 / hm^2 增长到 6.50 万株 / hm^2 时, 鲜穗重、百粒重显著降低, 空秆率增加, 减产显著。相关研究发现, 在高密度下, 叶片茎叶夹角、开张角, 群体透光率降低, 叶向值增大, 影响玉米幼穗分化, 小花总数、吐丝小花数、受精小花数减少, 败育小花和未受精小花数增加, 导致玉米秃尖变长, 穗粒数和百粒重降低; 同时, 高密度下叶片互相遮挡, 光合速率下降, 加速叶片衰老, 植株干物质积累变少, 转化率降低, 加大玉米群体无法弥补单株产量下降造成的负效应, 收获指数下降。籽粒库容降低, 最终玉米群体产量下降^[12, 14]。本地区晋糯 20 号种植建议密度为 5.25 万株 / hm^2 左右。

合理的种植模式可以协调玉米单株通风受光条件, 养分吸收状况, 有利于提高产量^[15]。余海兵等^[16]认为, 较宽的行距即 70 cm, 能够构建合理糯玉米冠层, 合理利用光温, 有利于群体干物质积累, 提升糯玉米产量和蒸煮品质。但也有学者认为, 与等行距种植玉米相比, 宽窄行种植形成的冠层能够扩大光合面积, 增大叶面积指数, 充分利用光资源, 有利于形成高产^[17]。本研究发现, 行距对晋糯 20 号的鲜穗重、产量、穗长的影响极显著, 并对双穗率有调控作用, 与等行距相比, 采用宽窄行 40 cm+60 cm 能够提高鲜穗重、产量、穗长, 这与刘凯凯等^[18]研究相似。

糯玉米优等品率直接决定农户、加工企业的

表3 晋糯 20 号玉米 4 个高产处理的商品性

	5.25万株/ hm^2 配行距 50 cm		5.25万株/ hm^2 配行距 40 cm+60 cm		6.00万株/ hm^2 配行距 50 cm		6.00万株/ hm^2 配行距 40 cm+60 cm	
	数目 /个	占比 /%	数目 /个	占比 /%	数目 /个	占比 /%	数目 /个	占比 /%
优级品	36	90.0	37	92.5	17	42.5	26	65.0
一级品	4	10.0	3	7.5	22	55.0	11	27.5
二级品	0	0.0	0	0.0	1	2.5	3	7.5

利润, 其中穗长和穗重是糯玉米最直观的商品品质, 商品品质既受品种特性的影响, 也受种植密度、种植模式的影响。宋朝玉等^[19]研究发现, 密度是影响甜糯玉米鲜食商品性的主要风险因素。本研究比较了产量最高的 4 个密度行距组合在穗长、穗重方面的差异结果, 在 5.25 万株/hm² 配宽窄行处理下优级穗比例最高, 达到 92.5%, 6.00 万株/hm² 处理下, 优级穗比例大幅下降, 种植效益也会降低, 可见增加密度会显著降低糯玉米商品性, 采用宽窄行种植有利于提高糯玉米商品性。

综上所述, 晋糯 20 号在试验区适宜种植密度为 5.25 万株/hm², 采用 40 cm+60 cm 的宽窄行种植模式更有利于提高糯玉米优级穗比例, 可以在晋北地区示范推广。

参考文献:

- [1] 赵久然, 卢柏山, 史亚兴, 等. 我国糯玉米育种及产业发展动态[J]. 玉米科学, 2016, 24(4): 67-71.
- [2] 孟俊文, 马海林, 王笑, 等. 山西省甜糯等特用玉米研究进展及发展前景[J]. 山西农业科学, 2020, 48(1): 110-113.
- [3] 刘化涛, 姜春霞, 翟广谦, 等. 山西鲜食玉米产业化发展现状·存在问题及对策建议[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(17): 244-246.
- [4] 陈永欣, 董立红, 翟广谦, 等. 鲜食糯玉米果穗等级划分[J]. 农产品加工, 2016(9): 46-47; 50.
- [5] 杜艳伟, 王高鸿, 李颜方, 等. 不同行距配置对玉米雌雄开花间隔期和产量的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(13): 14-18.
- [6] 明博, 谢瑞芝, 侯鹏, 等. 2005—2016 年中国玉米种植密度变化分析[J]. 中国农业科学, 2017, 50(11): 1960-1972.
- [7] 李青超, 王立达, 赵秀梅, 等. 不同种植密度对糯玉米相关性状及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2020(8): 22-25.
- [8] 曹庆军, 姜晓莉, 杨粉团, 等. 种植密度对甜玉米与鲜食糯玉米产量与品质性状的影响[J]. 玉米科学, 2018, 26(6): 94-98.
- [9] 董伟欣, 韩立杰, 张月辰. 不同密度和行距对玉米生长特性、产量和籽粒营养成分的影响[J]. 东北农业大学学报, 2020, 51(2): 26-34.
- [10] 栾建峰, 张海红, 李鸿萍, 等. 不同行距配置方式对夏玉米冠层结构和群体抗性的影响[J]. 作物学报, 2016, 42(1): 104-112.
- [11] 步蕴法. 种植行距对玉米群体指标和产量的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
- [12] 陈传永, 侯海鹏, 李强, 等. 种植密度对不同玉米品种叶片光合特性与碳、氮变化的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(5): 871-878.
- [13] 肖亚东, 孙义, 丁伟. 糯玉米新品种天润糯 1 号适宜密度试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2017(1): 18-21.
- [14] 汪波, 魏亚凤, 李波, 等. 种植密度对鲜食糯玉米生长发育及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(13): 91-95.
- [15] 杨吉顺, 高辉远, 刘鹏, 等. 种植密度和行距配置对超高产夏玉米群体光合特性的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(7): 1226-1233.
- [16] 余海兵, 王金顺, 任向东, 等. 施肥和行距配置对糯玉米群体冠层内微环境及群体干物质积累量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 544-551.
- [17] 梁熠, 齐华, 王敬亚. 行距配置对春玉米群体冠层环境与光合特性的影响[J]. 西北农业学报, 2014, 23(8): 66-72.
- [18] 刘凯凯, 李莹, 祁泽伟, 等. 种植密度和行距对黑糯玉米产量及商品品质的影响[J]. 山西农业科学, 2021, 49(4): 434-439.
- [19] 宋朝玉, 刘树堂, 李振清, 等. 甜糯玉米鲜食商品化栽培技术研究[J]. 天津农业科学, 2014, 20(9): 118-121.