

DOI: 10.19462/j.cnki.zgzy.20250917001

高产优质玉米品种吉科玉 918 适应区种植密度的研究

董丽华¹ 崔百琦² 李凯² 何心洁² 黄佳亮² 王雷² 李天虹² 李赵博²(¹ 吉林省吉林市农业科学院, 吉林 132011; ² 吉林农业科技学院, 吉林 132101)

摘要:为明确高产优质玉米品种吉科玉 918 在吉林、黑龙江、内蒙古、山西、河北等适宜种植区的种植密度,于 2023–2024 年在吉林延吉、黑龙江绥化、内蒙古赤峰、山西灵丘和河北丰宁开展 2 年田间试验,设置 5.25 万株/hm²、6.00 万株/hm²、6.75 万株/hm²、7.50 万株/hm² 共 4 个种植密度,调查分析吉科玉 918 的农艺性状和产量表现。结果表明,吉科玉 918 在 6.00 万株/hm² 密度下籽粒产量最高,2 年平均产量达 11954.5kg/hm²;混合线性模型分析表明,该密度下的产量极显著高于 5.25 万株/hm² 处理。在 5.25 万~6.00 万株/hm² 种植密度范围内,吉科玉 918 空秆率、倒伏率和茎腐病率较低,穗部性状协调,百粒重稳定,群体结构优良。二次响应模型预测最优密度为 6.059 万株/hm²,与实际生产高度吻合。综合结果表明,吉科玉 918 在吉林、黑龙江、内蒙古、山西、河北等地区的适宜种植密度范围为 5.25~6.00 万株/hm²,在该范围内可实现高产优质栽培。

关键词:吉科玉 918; 高产优质; 种植密度; 二次响应模型; 混合线性模型

Study on Planting Density of High-yield and High-quality Maize Variety Jikeyu 918 in Adaptive Area

DONG Lihua¹, CUI Baiqi², LI Kai², HE Xinjie², HUANG Jialiang²,
WANG Lei², LI Tianhong², LI Zhaobo²(¹ Jilin Academy of Agricultural Sciences, Jilin 132011, Jilin; ² Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin 132101, Jilin)

玉米在粮食供给、饲料生产和工业原料供应等领域占据关键地位^[1],实现玉米高产主要依靠两大技术途径:其一,通过作物育种手段改良品种,增强玉米的抗逆性与耐密性,进而提升其产量潜力;其二,依据群体调控理论,适度提高种植密度,在保障玉米百粒重的前提下,增加单位面积穗数,以优化群体结构实现高产^[2-3]。近年来,随着人口增长、消费结构升级和加工需求扩大,玉米市场供求关系持续偏紧,这对玉米产量和品质提出了更高要求^[4]。在此背景下,培育和推广高产、优质、抗逆性强的玉米品种,并配套高效栽培技术,已成为保障玉米供给安全、提升农业效益的重要途径。其中,种植密度作为影响玉米群体结构与个体发育的关键栽培措施,直接关系到光、温、水、肥等资源的利用效率,显著影响

玉米的产量形成和品质表现^[1]。

合理提高种植密度可提升玉米的株高和穗位高,增加收获穗数,从而提高玉米籽粒产量^[5]。密度过低会导致单位面积穗数不足,难以发挥品种的高产潜力;密度过高则易引发植株间对光、肥、水的激烈竞争,导致单株生长受限,空秆率、倒伏率和病害发生率上升,最终造成减产和品质下降。因此,针对不同生态区域和玉米基因型开展种植密度优化研究,明确其适宜密度范围,对充分发挥品种潜力、稳定增产、改善品质具有重要的理论与实践意义^[6]。

吉科玉 918 是吉林农业科技学院于 2021 年育成的高产优质宜机收玉米品种,抗倒伏、耐密植且穗部性状优良,在吉林、黑龙江等地适应性与丰产性良好,目前已在东北及华北部分地区进行初步推广,表现出良好的应用潜力,但在不同生态区的最适种植密度尚不明确。本研究于 2023–2024 年在吉林、黑

龙江、内蒙古、山西和河北等5个试验点设置5.25万~7.50万株/hm²等4个种植密度处理,经2年田间试验,分析不同种植密度对该品种植株性状、抗逆性、穗部性状及产量构成因素等的影响,基于二次响应模型分析预测最适种植密度,以明确其高产优质栽培的适宜密度范围,为品种推广、标准化栽培及相似生态区玉米栽培技术优化提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为吉科玉918,试验用种由山西博森种业有限公司提供,该品种于2021年通过吉林省审定,审定编号:吉审玉20210186。

1.2 试验设计 本试验于2023年和2024年进行为期2年的种植密度研究。采用随机区组设计,种植密度设置5.25万株/hm²、6.00万株/hm²、6.75万株/hm²和7.50万株/hm²,3次重复。试验点为5个不同地区,分别位于吉林延吉、黑龙江绥化、内蒙古赤峰、山西灵丘和河北丰宁。小区行长20m,采用5行区,行距0.6m,小区面积48m²。为确保试验的准确性,5个试验点的前茬作物均为玉米,通过合理的

土壤管理使土壤肥力均匀分布,试验期间田间管理同常规大田。

1.3 测定项目及方法 测定吉科玉918的植株性状、穗部性状、产量性状以及倒伏率等。植株性状包括株高、穗位高、单株叶面积、空秆率、茎腐病率;穗部性状包括穗粗、穗长、穗行数、百粒重、秃尖长;产量性状包括籽粒产量和籽粒含水量。株高、穗位高和单株叶面积在玉米植株的灌浆后期测定;穗粗、穗长、穗行数、百粒重、秃尖长以及空秆率在玉米成熟期挑选10个具有代表性的果穗进行测定;收获小区中间3行进行产量和含水量的测定,以折合每hm²产量为最终产量;在玉米收获前统计全区玉米植株的倒伏率和茎腐病率。

1.4 数据处理 采用Excel 2013和DPS 7.1软件进行数据分析,R语言进行混合效应模型预测分析、二次响应模型分析和方差分析。

2 结果与分析

2.1 种植密度对植株性状的影响 由表1可知,种植密度对吉科玉918农艺性状及产量影响显著,

表1 各地区不同种植密度对植株性状的影响

试验点	密度 (万株/hm ²)	2023年				2024年			
		株高(cm)	穗位高(cm)	单株叶面积(cm ²)	空秆率(%)	株高(cm)	穗位高(cm)	单株叶面积(cm ²)	空秆率(%)
延吉	5.25	291.8	110.9	1741.5	0	286.5	108.7	1684.2	0.1
	6.00	298.3	114.7	1648.4	0	292.4	111.8	1562.5	0
	6.75	304.5	117.9	1602.9	1.3	298.8	116.2	1485.2	1.4
	7.50	310.6	119.2	1490.7	3.5	303.1	120.4	1476.7	4.1
绥化	5.25	285.6	112.2	1856.3	0	279.8	106.2	1776.7	0
	6.00	294.3	113.2	1734.6	0.6	285.6	109.7	1692.1	0.4
	6.75	299.2	114.5	1545.8	1.5	292.4	111.3	1498.7	2
	7.50	306.1	116.9	1486.3	4.2	300.5	117.3	1356.7	3.5
赤峰	5.25	287.3	109.7	1623.7	0.2	283.4	110.6	1521.3	0
	6.00	292.5	111.4	1544.5	0	287.9	114.8	1502.3	0
	6.75	295.8	113.8	1418.2	1.9	291.2	115.4	1406.3	1.7
	7.50	301.8	116.4	1224.8	4.7	296.3	117.8	1286.2	6.3
灵丘	5.25	279.8	106.5	1512.8	0	276.8	103.7	1465.4	0.3
	6.00	283.6	110.8	1421.3	0.4	280.7	107.2	1354.2	0.2
	6.75	290.5	115.1	1356.3	1.7	289.3	109.6	1276.5	2.5
	7.50	294.3	117.7	1302.5	5.9	292.7	112.2	1204.8	6.5
丰宁	5.25	288.4	112.2	1578.3	0.7	284.2	112.5	1526.8	0.5
	6.00	282.5	107.6	1703.2	0.5	280.5	102.9	1725.8	0
	6.75	293.6	114.7	1520.6	2.1	286.5	114.7	1446.2	2.8
	7.50	298.7	115.3	1146.7	5.1	294.8	115.1	1357.9	6.8

且 2023–2024 年变化趋势一致。株高和穗位高方面,延吉、绥化、赤峰、灵丘试点均表现出随种植密度上升逐渐升高的趋势;丰宁试点表现为先下降后上升的趋势,密度为 7.50 万株/hm² 时株高和穗位高最高;密度 7.50 万株/hm² 时,2023 年 5 个试点株高在 294.3~310.6cm 之间,2024 年 5 个试点株高在 292.7~303.1cm 之间;密度 7.50 万株/hm² 时,2023 年 5 个试点穗位高在 115.3~119.2cm 之间,2024 年 5 个试点穗位高在 112.2~120.4cm 之间。

单株叶面积方面,延吉、绥化、赤峰、灵丘试点均表现出随种植密度上升逐渐降低的趋势,密度 5.25 万株/hm² 时,2023 年单株叶面积在 1512.8~1856.3cm² 之间,2024 年在 1465.4~1776.7cm² 之间;丰宁试点表现为先上升后下降的趋势,密度为 6.00 万株/hm² 时单株叶面积最高,2023 年为 1703.2cm²,2024 年为 1725.8cm²。总体上,单株叶面积随种植密度增加呈下降趋势,而株高和穗位高则呈升高趋势。空秆率在密度 5.25 万~6.00 万株/hm² 之间时基本稳定在 0.5% 左右,密度

6.75 万~7.50 万株/hm² 时逐渐升高,2023 年空秆率最高可达 5.9%,2024 年最高可达 6.8%。总体来讲,空秆率随种植密度的增加而上升。

2.2 种植密度对穗部性状的影响 如表 2 所示,吉科玉 918 在不同年份和各试验点的穗长、穗粗、穗行数及百粒重等产量相关性状变化趋势基本一致。穗粗和穗长方面,5 个试点总体上表现为随种植密度升高逐渐下降的趋势;密度 5.25 万株/hm² 时,2023 年 5 个试点穗粗在 4.8~5.7cm 之间,2024 年穗粗在 4.9~5.8cm 之间;密度 5.25 万株/hm² 时,2023 年 5 个试点穗长在 18.2~20.1 之间,2024 年穗长在 17.8~19.3cm 之间。穗行数方面,延吉、绥化、赤峰、灵丘试点均表现出随种植密度升高逐渐下降的趋势,密度为 5.25 万株/hm² 时最多,2023 年在 16.9~17.9 行之间,2024 年在 17.4~17.7 行之间;丰宁试点 2023 年穗行数表现为先上升后下降的趋势,密度 6.00 万株/hm² 时最多,为 16.5 行,2024 年表现为逐渐下降的趋势,密度 5.25 万株/hm² 时最多,为 17.2 行。

表 2 各地区不同种植密度对穗部性状的影响

试验点	密度 (万株/hm ²)	2023 年					2024 年				
		穗粗(cm)	穗长(cm)	穗行数	百粒重(g)	秃尖长(cm)	穗粗(cm)	穗长(cm)	穗行数	百粒重(g)	秃尖长(cm)
延吉	5.25	5.7	19.8	17.9	40.9	0	5.5	19.3	17.7	41.3	0
	6.00	5.4	19.1	17.3	39.4	0	5.2	18.1	17.4	39.6	0
	6.75	5.1	18.8	16.0	38.7	0.2	4.9	17.5	16.4	38.5	0.3
	7.50	4.8	18.4	16.3	38.5	0.7	4.6	17.4	15.7	37.1	1.1
绥化	5.25	5.2	20.1	17.4	40.6	0	5.8	18.6	17.5	41.1	0
	6.00	5.3	19.4	17.3	38.5	0	5.4	18.6	16.8	39.3	0
	6.75	5.2	18.7	16.2	38.4	0.3	5.2	17.1	16.6	37.9	0.5
	7.50	4.2	17.7	16.0	37.5	1.1	4.7	16.7	15.3	37.7	1.4
赤峰	5.25	5.3	18.8	16.9	39.7	0	5.2	18.4	17.4	39.9	0.1
	6.00	5.4	18.4	16.5	37.9	0.2	4.9	17.9	17.1	39.6	0.3
	6.75	5.3	17.8	16.7	37.9	0.3	4.7	17.2	15.9	38.2	0.4
	7.50	4.4	17.2	15.5	36.4	1.5	4.5	16.5	15.6	36.9	1.7
灵丘	5.25	4.8	18.4	17.3	38.4	0	5.4	17.9	17.6	39.6	0
	6.00	4.8	18.4	17.1	38.9	0.2	4.6	17.4	16.3	38.2	0.3
	6.75	4.6	18.3	15.9	37.8	0.4	4.5	16.8	15.7	37.5	1.0
	7.50	4.6	17.4	14.8	36.9	1.8	4.5	15.6	14.5	36.2	2.2
丰宁	5.25	5.3	18.2	16.4	38.2	0	4.9	17.8	17.2	39.7	0.2
	6.00	4.7	18.2	16.5	39.2	0	4.6	16.1	16.5	38.0	0.1
	6.75	4.5	17.7	15.9	38.2	0.3	4.4	16.4	15.5	36.5	0.6
	7.50	3.9	16.1	14.5	36.4	2.2	4.2	15.9	14.5	35.4	2.4

百粒重方面,2023年延吉、绥化、赤峰试点整体上表现为逐渐下降的趋势,密度5.25万株/hm²时最高,为39.7~40.9g;2023年灵丘、丰宁试点表现为先上升后下降的趋势,密度6.00万株/hm²时最高,为38.9~39.2g;2024年均表现为百粒重随种植密度升高逐渐下降的趋势,密度5.25万株/hm²时百粒重在39.6~41.3g之间。秃尖长方面,5个试点整体上均表现为随种植密度增加逐渐上升的趋势,密度在5.25万~6.00万株/hm²之间时基本无秃尖。综合来看,吉科玉918在5.25万~6.00万株/hm²的密度条件下能够维持较优的产量性状协调性,适宜在该密度范围推广种植;而在7.50万株/hm²的高密度条件下,产量性状受到明显抑制,不适宜采用该密度进行种植。

2.3 种植密度对产量性状及抗逆性的影响 如表3所示,产量方面,5个试点均随种植密度的增加呈现先上升后下降的趋势,6.00万株/hm²时最高,2023年5个试点每hm²产量在11672.8~12696.3kg之间,2024年在11265.9~12478.4kg之间。5个试点含水

量整体上表现为随种植密度的增加呈现逐渐上升的趋势,各密度下含水量在29.0%左右。

倒伏率和茎腐病率均随种植密度的增加呈现明显上升趋势,倒伏率最高可达8.5%,茎腐病率最高可达6.4%;在5.25万~6.00万株/hm²密度范围内,两项指标均处于较低水平,表明该密度区间植株抗倒伏能力较好,茎腐病发生程度较轻。茎腐病率与倒伏率变化趋势高度一致,说明茎腐病是影响植株倒伏的关键因素,特别是在高密度条件下,茎腐病发病程度加重,进一步加大了倒伏风险,影响植株生长稳定性与产量形成^[7]。

2.4 基于统计模型的最优密度验证 如表4所示,混合线性模型分析结果进一步量化了不同密度处理与参照水平(种植密度5.25万株/hm²)的产量差异及其显著性。模型估计显示,与5.25万株/hm²相比,6.00万株/hm²密度下的产量极显著增加873.2kg/hm²,这从统计上证实了适度增密的增产效应。但是,6.75万株/hm²和7.50万株/hm²密度下的估计值均为负数,且均达到显著或极显著水平,分别减产

表3 各地区不同种植密度对产量性状及抗逆性的影响

试验点	密度 (万株/hm ²)	2023年				2024年			
		产量(kg/hm ²)	含水量(%)	倒伏率(%)	茎腐病率(%)	产量(kg/hm ²)	含水量(%)	倒伏率(%)	茎腐病率(%)
延吉	5.25	11928.1	28.6	1.8	0.4	11736.3	29.8	2.7	1.1
	6.00	12696.3	28.2	2.2	0.6	12478.4	29.4	2.3	2.4
	6.75	11782.8	29.4	2.2	2.4	11264.9	28.7	2.2	3.6
	7.50	11174.7	29.8	7.2	6.4	10964.8	30.2	5.6	5.6
绥化	5.25	11672.8	28.5	1.5	0.2	11266.7	28.7	1.9	0.5
	6.00	12548.2	28.8	1.6	1.1	12146.2	29.1	1.7	1.5
	6.75	11894.3	29.3	2.4	1.8	11426.4	29.8	2.3	2.7
	7.50	10943.1	30.1	6.2	4.6	10857.2	30.4	5.2	5.7
赤峰	5.25	11267.5	28.7	1.4	0.5	10684.7	29.3	0.9	1.2
	6.00	11932.2	28.5	1.5	1.7	11732.7	29.2	1.9	2.7
	6.75	10985.1	29.6	3.9	1.9	10698.6	29.5	2.2	3.8
	7.50	10679.4	30.0	4.9	5.1	10389.5	30.8	5.9	4.5
灵丘	5.25	10794.9	28.6	2.6	0.8	10356.9	28.8	2.8	1.6
	6.00	11672.8	28.9	2.7	1.9	11265.9	29.3	2.4	2.2
	6.75	10571.6	29.2	3.5	2.1	10267.1	29.9	3.4	4.8
	7.50	10159.7	30.5	8.5	5.8	9865.9	30.6	7.2	5.6
丰宁	5.25	10675.2	29.4	1.4	1.2	10429.6	29.6	2.2	2.2
	6.00	11693.5	29.5	1.5	1.4	11378.6	30.1	2.1	1.8
	6.75	10467.5	29.7	3.6	2.2	10189.3	30.4	4.2	5.1
	7.50	9897.2	30.8	6.9	5.4	9462.8	30.8	6.9	6.1

126.5kg/hm²和641.8kg/hm²。该模型结果清晰地表明,只有6.00万株/hm²的种植密度可以产生极显著的正向增产效应。

表4 混合线性模型分析结果

参数	估计值	标准误	t值	P值
截距	11081.3	299.5	37.01	0.0001***
6.00万株/hm ² 的产量差异	873.2	58.0	15.06	0.0001***
6.75万株/hm ² 的产量差异	-126.5	58.0	-2.18	0.0370*
7.50万株/hm ² 的产量差异	-641.8	58.0	-11.07	0.0001***

*,**分别表示在0.05、0.001水平下存在显著、极显著差异

为精确量化密度与产量的关系,建立了二次响应模型,结果见表5。模型的一次项系数为正(0.7478, $P < 0.01$),二次项系数为负(-0.000006, $P < 0.01$),这从数学上验证了产量随密度变化呈开口向下的抛物线关系,即存在一个明确的产量峰值。两项系数均达极显著水平,表明该模型能有效地解释密度与产量之间的非线性关系,为求解最优密度提供了可靠的数学基础。

表5 二次响应模型结果

参数	估计值	标准误	t值	P值
截距	-11052.6460	7,012.4238	-1.58	0.1235
一次项系数	0.7478	0.2229	3.36	0.0018**
二次项系数	-0.000006	0.0000	-3.54	0.0011**

**表示在0.01水平上存在极显著差异

基于二次响应模型求解,得出吉科玉918在试验条件下的最优种植密度为6.059万株/hm²,在此密度下的预测产量为12003kg/hm²。该结果与描述性统计中“6.00万株/hm²密度下产量最高”的结论高度吻合,并提供了更为精确的定量推荐值。模型的拟合优度($R^2=0.389$)表明,密度因素解释了产量变异的38.9%,其余变异可能由试验年份、地点、田间管理等其他未控因素所致。尽管如此,该模型已能显著捕捉密度的主导影响,为生产实践提供了重要的理论依据。

3 讨论

本研究通过在不同生态区设置多个密度梯度,系统分析了高产优质玉米品种吉科玉918在不同种植密度下的植株性状、抗逆性、穗部性状及产量表现。结果表明,种植密度对该品种的群体结构和个体发育具有显著影响。从农艺性状来看,随着

种植密度的增加,株高和穗位高呈上升趋势,单株叶面积则逐渐下降,这与前人研究结果一致^[8]。在5.25万~6.00万株/hm²密度范围内,空秆率、倒伏率和茎腐病率均维持在较低水平,表明该品种在此密度区间内具有较强的群体适应性和抗逆能力。穗部性状分析进一步表明,吉科玉918在5.25万~6.00万株/hm²密度下仍能保持良好的穗长、穗粗、穗行数和百粒重,秃尖现象不明显,说明该密度范围内个体与群体关系协调,有利于穗部发育和产量形成。产量分析显示,6.00万株/hm²密度下2年平均产量较高,且高于5.25万株/hm²密度下的产量,说明适度增密可有效提高单位面积穗数,从而实现增产。二次响应模型进一步验证了密度与产量之间存在的显著抛物线关系,最优密度预测值与田间实测结果高度吻合,为指导吉科玉918在实际生产中的合理密植提供了科学依据。

综上所述,吉科玉918在5.25万~6.00万株/hm²密度范围内表现出良好的农艺性状、抗逆性和穗部性状,产量表现稳定,是该品种实现高产优质的适宜种植密度范围。建议在吉林、黑龙江、内蒙古、山西、河北等类似生态区推广种植时,将密度控制在6.00万株/hm²左右,以实现最佳经济效益和生态效益。

参考文献

- [1] 马锦霞,李晶晶,秦子钰,王利锋. 3个玉米品种最适种植密度的探讨. 中国种业,2025(4):112-117
- [2] 高青,宋德平. 玉米高产创建栽培技术研究进展. 农家科技,2024(19):46-48
- [3] 蒋欢. 种植密度对玉米生长和产量的影响研究. 农业科技与装备,2025(4):4-5
- [4] 王硕,周欣,沈英,张柴. 玉米产业链新形势、期现操作模式及建议. 中国证券期货,2025(2):21-26
- [5] 李建设,邹兰,魏婵,杨凤仙,赵朝阳,黄琬婷,邵书静,刘权永,韩林宏. 玉米新品种推广及配套栽培技术间的问题探讨. 中国种业,2024(12):43-45
- [6] 雷晓兵,宁龙龙,李小东,梁晓伟,孙晓娟,王向阳. 密植对玉米杂交种产量及相关农艺性状的影响. 陕西农业科学,2025,71(6):47-51
- [7] 赵艳群,冯小军,王亚红,李军,武奇伟,任飞娥,王晓燕,梁红琴. 玉米茎腐病防治技术与品种抗性鉴定. 陕西农业科学,2025,71(8):93-96
- [8] 江秀成,张丽娥. 种植密度对玉米干物质积累及经济性状的影响. 农业工程技术,2024,44(34):27-28

(收稿日期:2025-09-17)