

内蒙古不同生态区玉米品种产量差异分析

白氏杰¹ 于胜男² 明 博¹ 陈 亮³ 王志刚² 谢瑞芝¹

(¹ 中国农业科学院作物科学研究所/农业部作物生理生态重点实验室,北京 100081;

² 内蒙古农业大学农学院,呼和浩特 010000; ³ 中化现代农业有限公司,北京 100081)

摘要:玉米产量的形成由遗传因素、生态环境条件和栽培措施等因素共同作用。本研究于2017–2019年选用熟期差异较大的2个典型玉米品种郑单958和德美亚1号,在内蒙古自治区东部春播玉米区不同纬度和积温资源的赤峰、通辽、兴安盟和呼伦贝尔4个试验点开展联网试验,分析积温条件差异对于品种熟期选择的影响及其增密增产措施的互作效应。结果表明,在积温充足区晚熟品种郑单958较早熟品种德美亚1号具有更高的产量表现,随着纬度升高、积温减少,在资源限制环境下晚熟品种与早熟品种的产量差异逐步缩小。增密种植显著提高早熟品种的产量,但晚熟品种产量变化不显著;随着种植密度的提高,晚熟品种与早熟品种的产量差异明显缩小。根据区域生态条件,合理选择熟期品种,积温充足区域充分利用光热资源,积温限制区域结合增密种植措施弥补产量损失,实现产量和籽粒品质的协同提高,促进东北春播玉米生产综合效益提升。

关键词:玉米;品种;产量;种植密度;技术效应

东北春播玉米区是我国最重要的商品玉米产区^[1],受全球气候变暖的影响,玉米种植区域北移扩大^[2]。气候变暖也使玉米生育期内可用积温增加,晚熟品种向积温低值区扩散的趋势明显,促进了该区玉米单产水平显著提升^[3]。但晚熟品种在各地广泛种植增加了早霜冷害发生的风险,也不利于玉米商品品质的提高^[4]。前人研究表明,增密是增产的有效措施^[5–6],早熟品种生育期短,单株生物量较小,通过增密种植可以提高群体生物量,进而提高产量^[7–9]。玉米品种是农业科技创新的物化产品,合理密植是生产技术的具体体现。内蒙古东部玉米种植区纬度跨度大,各地积温资源差异明显^[10],分析该区域不同玉米品种与密度匹配对区域积温利用效率的影响,明确技术效应的变化情况,可以指导区域品种熟期选择与配套适宜栽培技术,为提升该区域玉米市场竞争力提供

支持。

1 材料与方法

1.1 试验方法 本研究于2017–2019年在内蒙古东部玉米区燕山北麓、西辽河及岭东平原3个典型生态类型区不同纬度的4个试验点同步开展,试验点地理坐标和气候条件如表1所示。试验品种选用区域主栽品种中典型的晚熟品种郑单958和早熟品种德美亚1号。试验采取裂区设计,主区为品种,副区为种植密度。密度设置每 hm^2 45000株、60000株、75000株、90000株和105000株共5个水平。各密度处理种植8行,行长不小于7m,小区面积大于 33.6m^2 ,3次重复。等行距种植,行距0.6m,株距根据密度进行调整。每 hm^2 播前一次性基施缓释肥800kg,氮、磷、钾含量分别为27%、15%、13%。依据各地高产田精细管理,雨养种植。

特性和灌浆速率的影响. 麦类作物学报, 2018, 247 (5): 72–77

[14] 刘建华, 牛俊义, 闫志利, 李海波, 邹红川. 肥密水平对不同基因型冬小麦籽粒灌浆特性的影响. 中国生态农业学报, 2009, 17 (4): 656–660

[15] 姚素梅, 茹振钢, 刘明久, 杨文平, 冯素伟, 李淦. AIA对冬小麦不同粒位籽粒灌浆影响的动态模拟及特征分析. 生物数学学报, 2010, 25 (2): 367–374

[16] 刘卫琴, 康琅, 汪良驹. ALA对草莓光合作用的影响及其与抗氧化酶的关系. 西北植物学报, 2006, 26 (1): 57–62

[17] 申明, 段春慧, 张治平, 程云, 汪良驹, 李百健. 外源ALA处理对‘丰水’梨疏花与果实品质的影响. 园艺学报, 2011, 38 (8): 1515–1522

(收稿日期: 2020-04-24)

表1 试验点概况

试验点	纬度	经度	常年可用积温(℃)	常年降水(mm)	灌溉条件
通辽	43° 74′	122° 55′	1769.77	404.36	雨养
赤峰	42° 30′	118° 87′	1623.89	339.63	雨养 + 灌溉
兴安盟	46° 00′	122° 05′	1569.83	386.17	雨养
呼伦贝尔	48° 00′	122° 71′	1236.75	391.28	雨养

1.2 产量差异评价指标 以产量潜力较高的晚熟品种郑单 958 在各密度下的产量为基准,与早熟品种德美亚 1 号产量之差的比值作为不同熟期品种产量差异的评价指标,以 i_D 表示,其计算公式如下:

$$i_D = \frac{Y_{DL} - Y_{DE}}{Y_{DL}}$$

其中 D 为种植密度, Y_{DL} 为晚熟品种在 D 密度下的产量, Y_{DE} 为早熟品种在 D 密度下的产量。产量差异评价指标值越小说明试验品种在该密度下产量的差距越小,反之亦然。

1.3 数据分析与统计 试验数据采用 SAS 9.4 进行统计分析, Excel 2013 绘图。

2 结果与分析

2.1 不同生态类型区玉米产量表现 2017–2019 年,通辽、赤峰、兴安盟及呼伦贝尔 4 个试验点品种 × 密度互作试验产量结果如表 2 所示。在积温资源非限制区的燕山北麓、西辽河平原地区,晚熟品种郑单 958 表现出更高的产量。其中,赤峰试验点郑单 958 平均产量为 12930 kg/hm²,而德美亚 1 号平均产量为 8690 kg/hm²,两者相差 32.8%;通辽试验点郑单 958 平均产量为 11170 kg/hm²,较德美亚 1 号 8110 kg/hm² 的平均产量高 27.4%。而在纬度更高、积温资源紧张的岭东平原产区,2 个熟期品种间无显著的产量差异。其中,兴安盟试验点郑单 958 平均产量为 9380 kg/hm²,呼伦贝尔试验点平均产量为 9390 kg/hm²;兴安盟试验点德美亚 1 号平均产量为 8990 kg/hm²,呼伦贝尔试验点的平均产量为 8790 kg/hm²。2 个试验点郑单 958 产量仅比德美亚 1 号产量高 4.2% 和 6.4%。随着纬度的升高,郑单 958 产量逐步下降,赤峰显著高于通辽,而通辽显著高于兴安盟和呼伦贝尔;但早熟品种德美亚 1 号在各试验点间的产量趋势与郑单 958 不同,赤峰、兴安盟及呼伦贝尔产量之

间无显著差异,仅通辽产量显著低于上述 3 个地点。研究结果表明,不同熟期品种的产量差异受热量资源的影响:在热量资源充沛的地区,晚熟品种较早熟品种有更优良的产量表现,而热量资源受限制后,晚熟品种的产量潜力发挥受到限制,产量表现与早熟品种无显著差异。

表2 不同熟期品种在 4 个试验点的产量表现及方差分析

试验点	密度(株/hm ²)	产量(×10 ³ kg/hm ²)	
		郑单 958	德美亚 1 号
通辽	45000	11.59ab	7.22c
	60000	11.14b	8.03b
	75000	11.73a	8.37b
	90000	11.19ab	8.86a
	105000	10.20c	8.05b
	平均	11.17	8.11
赤峰	45000	14.32a	8.52b
	60000	13.08ab	8.17b
	75000	13.07ab	9.06a
	90000	12.71ab	8.98b
	105000	11.57b	8.90b
	平均	12.93	8.69
兴安盟	45000	8.52*	8.07*
	60000	10.17a	8.59b
	75000	9.83a	9.90a
	90000	9.71a	9.38ab
	105000	9.68a	9.04ab
	平均	9.38	8.99
呼伦贝尔	45000	7.53c	6.79c
	60000	9.44b	8.79b
	75000	9.91b	9.88a
	90000	10.51a	9.43ab
	105000	9.55b	9.04b
	平均	9.39	8.79

不同小写字母表示 5% 水平下差异显著,* 兴安盟 45000 株/hm² 密度处理仅进行了观察试验,产量结果未进行方差分析

2.2 不同区域种植密度的产量差异分析 不同区域种植密度对玉米产量变化的影响不同,在不同生态区晚熟品种郑单 958 产量与种植密度的关系不相同。在热量资源较为丰富的通辽、赤峰两地,郑单 958 产量随种植密度增加有下降的趋势(图 1)。通过表 2 得知,通辽试验点仅 105000 株/hm² 的高密度处理产量显著低于其他更低密度处理的产量表现,75000 株/hm² 处理的产量最高,为 11730kg/hm²。赤峰试验点除 45000 株/hm² 与 105000 株/hm² 密度处理下郑单 958 的产量差异显著,其他密度处理下郑单 958 的产量之间并无显著差异,45000 株/hm² 种植密度的产量最高,为 14320kg/hm²。而在热量资源紧缺的兴安盟、呼伦贝尔两地,郑单 958 产量随种植密度增高呈现先升高后降低的趋势。兴安

盟试验点在 60000 株/hm² 密度下达到最高产量,为 10170kg/hm²。呼伦贝尔试验点郑单 958 产量在 90000 株/hm² 密度下达到最高产量,为 10510kg/hm²。早熟品种德美亚 1 号在 4 个试验点的产量随着种植密度的变化均呈现先升高后降低的趋势,其中赤峰试验点 75000 株/hm² 密度下产量显著高于其他密度处理下产量,其他各密度处理间产量差异未达显著水平,最高产量为 9060kg/hm²;兴安盟试验点 75000 株/hm² 密度下产量显著高于 60000 株/hm² 密度下产量,其他各密度处理间产量差异未达显著水平,最高产量为 9900kg/hm²。而在通辽和呼伦贝尔试验中,分别在 90000 株/hm² 和 75000 株/hm² 密度下达到最高产量 8860kg/hm² 和 9880kg/hm²。

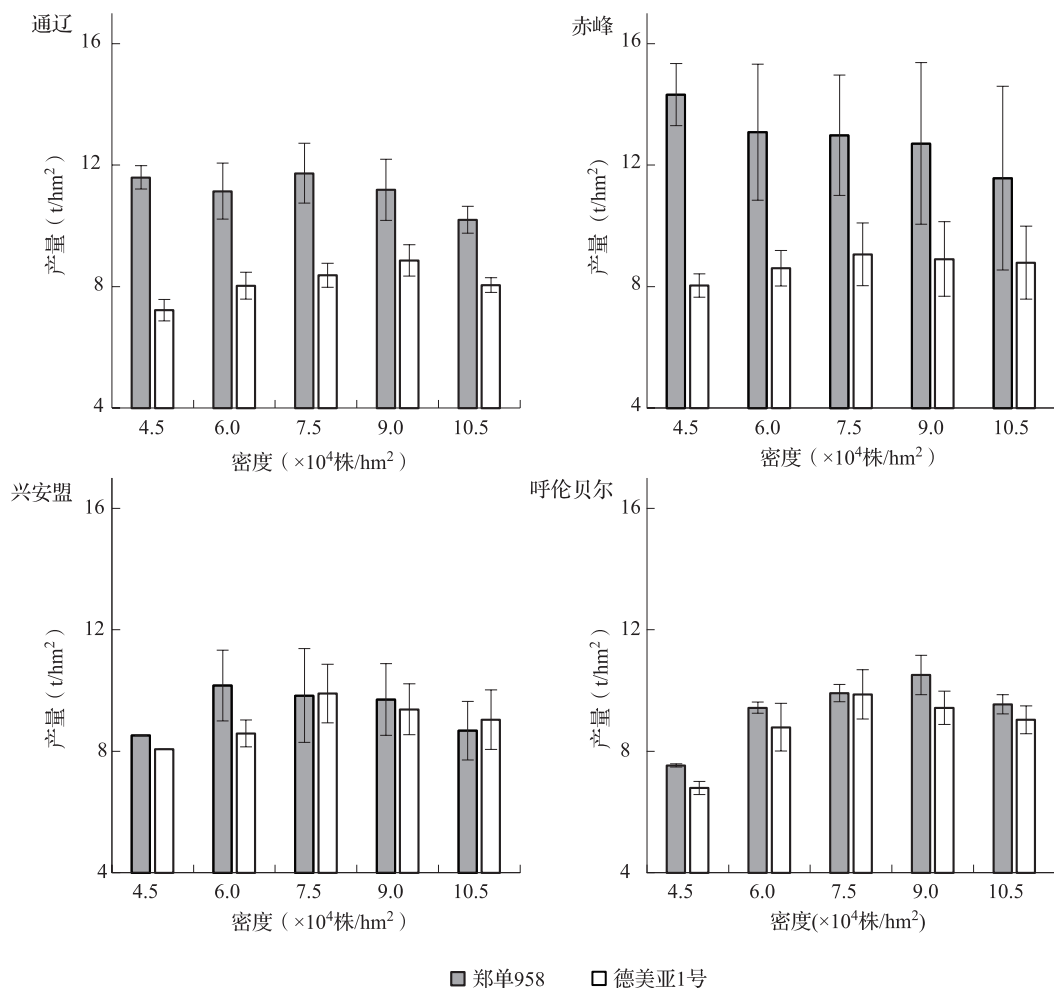


图 1 不同地点玉米产量与种植密度的关系

分析 2 个熟期类型代表性品种郑单 958 和德美亚 1 号在不同种植密度下的产量差异评价指标变

化,不同生态区产量差异评价指标的变化趋势不同(图 2)。在热量资源相对充足的赤峰、通辽地区,增密

种植对郑单 958 产量没有显著的提升作用,甚至在高密度下产量水平下降,而德美亚 1 号的产量随着密度增大先增加后降低。在各密度下,赤峰、通辽产量差异评价指标值分别为 0.43、0.34、0.30、0.29、0.24; 0.37、0.27、0.28、0.20、0.21。产量差异评价指标随着种植密度的提升呈现极显著的下降趋势(赤峰试验点, $y=-0.0294x+0.5448$, $R^2=0.8953$; 通辽试验点, $y=-0.0269x+0.4741$, $R^2=0.853$)。而在热量资源相对紧缺的兴安盟、呼伦贝尔地区,2 个熟期类型品种的产量均随种植密度的提升呈现先增加后降低的趋势(图 1),在各密度下兴安盟、呼伦贝尔的产量差异评价指标值分别为 0.05、0.15、-0.01、0.03、-0.04; 0.09、0.07、0.01、0.1、0.05。这两个地区产量差异评价指标在不同种植密度下保持相对稳定,无显著的增减趋势。

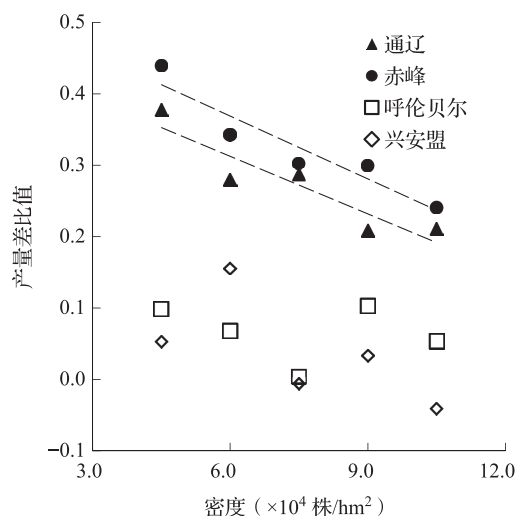


图 2 两个熟期玉米品种产量差比值与种植密度的关系

3 结论

玉米产量的形成受遗传因素、生态环境条件和栽培措施等因素共同影响,在我国玉米产量大幅度提高过程中,品种的更新、栽培技术的改进及生产条件的优化都发挥了重要的作用。光热资源决定了一定区域的品种熟期和产量潜力^[10]。内蒙古东部春播玉米区的区域热量资源差异显著,本研究在该区进行联网试验,研究结果表明,在不同热量资源条件下,不同品种的产量及其随种植密度的变化趋势不同。在热量资源充足的地区,晚熟品种产量更高,早熟品种通过增密种植可以缩小与晚熟品种的产量差距,但两者产量差距依然较大。而在热量资源相对紧缺的地区,早熟和晚熟品种的产量无显著差异。在

增密种植措施下,2 个熟期类型品种的产量表现趋于一致,由于个体生长受到热量条件的限制,晚熟品种的产量潜力难以发挥。上述结果表明,充分利用热量资源是产量提升的根本保障。在热量资源相对充足的地区,应优先考虑选用晚熟品种以获得更高的产量表现。而在热量资源相对紧缺的地区,早晚熟品种无显著的产量差异,但晚熟品种无法正常成熟造成籽粒品质不佳,这一地区不应盲目选择晚熟品种追求产量,而应选择适宜熟期的品种提高籽粒成熟度,并结合增密种植措施提高产量。玉米品种和密植措施在不同区域的技术效应差异表明,农业技术研发和推广应用必须适应一定地域内的自然和生态环境、农作制度和社会经济环境。受全球气候变暖的影响,玉米种植区北扩且各区热量条件均有不同程度增加,基于区域热量资源,选择熟期适宜的品种,通过增密种植提升玉米的产量和品质,是内蒙古东部玉米种植区提升玉米生产效益的有效措施。

参考文献

- [1] 郭庆海. 中国玉米主产区的演变与发展. 玉米科学, 2010 (1): 147-153
- [2] 杨晓光, 刘志娟, 陈阜. 全球气候变暖对中国种植制度可能影响: VI. 未来气候变化对中国种植制度北界的可能影响. 中国农业科学, 2011 (8): 35-43
- [3] 张建平, 赵艳霞, 王春乙. 气候变化情景下东北地区玉米产量变化模拟. 中国生态农业学报, 2008 (6): 114-118
- [4] 高晓容, 王春乙, 张继权. 东北玉米低温冷害时空分布与多时间尺度变化规律分析. 灾害学, 2012, 27 (4): 65-70
- [5] 李少昆, 赵久然, 董树亭, 赵明, 李潮海, 崔彦宏, 刘永红, 高聚林, 薛吉全, 王立春, 王璞, 陆卫平, 王俊河, 杨祁峰, 王子明. 中国玉米栽培研究进展与展望. 中国农业科学, 2017, 50: 1941-1959
- [6] 赵文媛, 刘旭. 不同密度对玉米品种产量的影响. 中国种业, 2011 (S2): 33-34
- [7] 陆卫平, 陈国平, 郭景伦, 王忠孝, 饶春富. 不同生态条件下玉米产量源库关系研究. 作物学报, 1997, 23 (6): 727-733
- [8] 曹冬梅, 方继友, 曹丕元. 玉米极早熟品种适宜栽培密度研究. 玉米科学, 2013, 21 (2): 122-129
- [9] Huang S B, Lv L H, Zhu J C, Li Y B, Tao H B, Wang P. Extending growing period is limited to offsetting negative effects of climate changes on maize yield in the North China Plain. Field Crops Research, 2018, 215: 66-73
- [10] 白彩云, 李少昆, 柏军华, 张厚宝, 谢瑞芝. 我国东北地区不同生态条件下玉米品种积温需求及利用特征. 应用生态学报, 2011, 22 (9): 2337-2342

(收稿日期: 2020-05-07)