



吴振阳,焦少杰,王黎明,等.不同肥料对黑龙江省极早熟高粱品种产量及品质性状的影响[J].黑龙江农业科学,2023(8):31-36.

不同肥料对黑龙江省极早熟高粱品种产量及品质性状的影响

吴振阳,焦少杰,王黎明,姜艳喜,严洪冬,苏德峰,马子竣

(黑龙江省农业科学院 作物资源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为促进黑龙江省高粱产业的发展,以3个极早熟高粱品种为试验材料,采用裂区试验设计,分析不同肥料处理对高粱产量和品质等性状的影响。结果表明,3个品种的产量在不同试验点不同肥料处理间均有差异,龙杂19在哈尔滨、克山和黑河3个试验点产量最高的施肥处理及产量分别为复合肥处理($6\,836.27\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、长效缓释肥处理($6\,691.15\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和生物复混肥处理($7\,303.75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$);龙杂20在哈尔滨、克山和黑河3个试验点产量最高的施肥处理和产量分别为复合肥处理($7\,725.61\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、生物复混肥处理($7\,185.00\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和长效缓释肥处理($7\,167.15\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$);齐杂722在哈尔滨、克山和黑河3个试验点产量最高的施肥处理及产量分别为长效缓释肥处理($6\,808.44\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、长效缓释肥处理($6\,662.51\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和复合肥处理($7\,151.48\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$);不同肥料对高粱农艺性状的影响无显著规律;3个高粱品种的籽粒品质性状,在施用生物复混肥时均有一定的提高。

关键词:高粱;复合肥;长效缓释肥;生物复合肥;产量;品质

高粱属 C_4 植物,具有光合效率高、抗逆性强、抗旱、耐贫瘠、耐盐碱、适应性强等特点,是中国重要的旱地杂粮作物^[1]。高粱的种类较多,用途比较广泛,其中粒用高粱的主要用途是用作饲料和酿造白酒^[2-3]。近年来我国饲料业和酿造业发展迅速,加剧了高粱的需求。2019—2022年,我国高粱进口量从83万t增长至1 014万t,高粱需求缺口巨大,是世界第一进口国^[4]。高粱在我国种植范围广泛,但整体播种面积不大,主要集中在北部和东北部地区,其中黑龙江省是东北部较主要的高粱产区^[5]。由于高粱自身的生理特性,黑龙江省的高粱大多种植在盐碱地或肥力较低的地块,加之栽培技术不配套、施肥不合理等原因,导致高粱产量较低,经济效益不理想^[6]。通过优化施肥方法,替换肥料类型,可以改善土壤理化特性,减少化肥施用量,提高高粱产量、品质 and 经济效益,进而促进高粱产业的发展,降低对进口高粱的依赖^[7]。再吐尼古丽·库尔班等^[8]研究了8种不同施肥方式对高粱叶片光合特性和产量的影响,结果表明合理施肥可以改善高粱群体的光合条件,使产量达到最高。董亚兵等^[9]研究了不同密度和施肥量对茅梁1号产量和品质性状的影响,结果表明随着施肥量增加,茅梁1号的产量和淀粉

含量呈现先上升后下降的趋势,单宁含量呈现上升趋势。

结合前人的研究和黑龙江省高粱种植实际情况,本研究以3个极早熟高粱品种为试验材料,研究5种肥料对高粱产量和品质的影响,旨在选出黑龙江省不同地区高粱种植的最佳肥料,获得优质、高产的高粱栽培方式,为黑龙江省高粱产业的发展提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

2021年分别在黑龙江省哈尔滨市、黑河市和克山县进行,选择土壤肥力均匀、中低等肥力的地块作试验地。各试验地具体土壤养分含量详见表1。

1.2 材料

1.2.1 高粱品种 3个高粱品种的选育及供种来源及品种特性详见表2。

1.2.2 肥料 磷酸氢二铵($N\geq 18\%$),中化化肥;大粒尿素($N\geq 46\%$),恒盛;生物复混肥($N:P:K=17:12:11$),吴维仁禾;长效缓释肥($N:P:K=18:18:18$),新启力;复合肥($N:P:K=15:15:15$),红四方。肥料均采购于黑龙江神飞生物科技股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 采用田间裂区试验设计,小区8行,行长5 m,行距65 cm,小区面积 26 m^2 ,3次重复。主处理为品种,分别为龙杂19、龙杂20、齐杂722,人工播种,在3~5叶期定苗至30万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 。副处理为肥料处理,分别为A1:磷酸氢二铵

收稿日期:2023-02-15

基金项目:国家谷子高粱产业技术体系(CARS-06-14.5A1);黑龙江省重点研发计划(GA21B009)。

第一作者:吴振阳(1995—),男,硕士,研究实习员,从事高粱遗传育种研究。E-mail:wuzhenyang555@126.com。

225.0 kg·hm⁻² + 大粒尿素 300.0 kg·hm⁻² (当前生产中主流施肥法); A2: 磷酸氢二铵 225.0 kg·hm⁻² + 大粒尿素 238.5 kg·hm⁻² (主流施肥方法的基础上减氮); A3: 生物复混肥

883.6 kg·hm⁻²; A4: 长效缓释肥 834.5 kg·hm⁻²; A5: 复合肥 1 001.4 kg·hm⁻²。A3~A5 处理氮水平与 A2 处理一致。各肥类均作为底肥一次性施入。具体详见表 3。

表 1 各试验点土壤养分含量

地点	全氮/(g·kg ⁻¹)	速效氮/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	有机质/(g·kg ⁻¹)	pH
哈尔滨市	0.13	112.05	21.90	201.50	26.05	7.02
黑河市	0.22	187.60	49.80	155.00	36.10	5.99
克山县	0.17	143.75	113.65	211.50	34.00	6.76

表 2 3 个高粱品种选育单位、供种来源及品种特性

品种	类型	选育单位、供种来源	品种特性
龙杂 19	酿造用杂交种	黑龙江省农业科学院作物育种研究所	在适应区出苗至成熟生育日数 100 d 左右,需≥10℃活动积温 2080℃左右
龙杂 20	酿造用杂交种	黑龙江省农业科学院作物育种研究所	在适应区出苗至成熟生育日数 100 d 左右,需≥10℃活动积温 2080℃左右
齐杂 722	粮用杂交种	齐齐哈尔市嘉丰农业科技有限公司	品种生育期为 105 d 左右,需活动积温大于等于 2150℃以上

表 3 各处理具体施肥种类及用量

处理	肥料类型及用量
A1	磷酸氢二铵(N≥18%)225.0 kg·hm ⁻² + 大粒尿素(N≥46%)300.0 kg·hm ⁻²
A2	磷酸氢二铵(N≥18%)225.0 kg·hm ⁻² + 大粒尿素(N≥46%)238.5 kg·hm ⁻²
A3	生物复混肥(N:P:K=17:12:11)883.6 kg·hm ⁻²
A4	长效缓释肥(N:P:K=18:18:18)834.5 kg·hm ⁻²
A5	复合肥(N:P:K=15:15:15)1001.4 kg·hm ⁻²

1.3.2 测定项目及方法 产量:高粱完熟期挑选每小区中间长势较为均匀一致的 4 行进行收获,晒干后脱粒考种,测定小区产量、含水量,进而折算小区 14%标准含水量产量。

单穗重:在每小区收获的果穗中随机选取 10 穗,晾干后单穗脱粒并清选后分别称重,计算单穗粒重的平均数。

千粒重:小区收获的籽粒风干后,经过脱粒和清选后,随机数取 1 000 粒风干种子,称取千粒重,3 次重复。

容重:小区收获的籽粒风干后,经过脱粒和清选后,利用容重仪测定,3 次重复。

株高:成熟期,每小区选取中间行,从第三株开始连续测量 10 株自茎基部至主穗顶部的植株高度。

穗长:在成熟期,从中间行第三株开始连续观测 10 株,测量主穗长度。

淀粉含量:利用近红外谷物品质分析仪对籽粒的总淀粉含量进行测定。

单宁含量:采用分光光度法对籽粒中的单宁含量进行测定^[10]。

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2019 对数据进行

整理和作图,SPSS 23.0 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对高粱产量及产量构成因子的影响

2.1.1 产量 由图 1 可知,在哈尔滨试验点,龙杂 19 和龙杂 20 均在 A5 处理下产量最高,分别为 6 836.27 和 7 725.61 kg·hm⁻²,齐杂 722 在 A4 处理下产量最高,为 6 808.44 kg·hm⁻²;3 个品种均在 A2 处理条件下产量最低,龙杂 19 为 6 083.62 kg·hm⁻²,龙杂 20 为 6 821.83 kg·hm⁻²,齐杂 722 为 5 629.21 kg·hm⁻²。

在克山试验点,龙杂 19 和齐杂 722 均在 A4 处理下产量最高,分别为 6 691.15 和 6 662.51 kg·hm⁻²,龙杂 20 在 A3 处理下产量最高,为 7 185.00 kg·hm⁻²;龙杂 19 在 A1 处理下产量最低,龙杂 20 和齐杂 722 在 A2 处理下产量最低,3 个品种的最低产量分别为 5 901.76,6 546.17 和 6 023.72 kg·hm⁻²。

在黑河试验点,龙杂 19 在 A3 处理下产量最高,为 7 303.75 kg·hm⁻²,龙杂 20 在 A4 处理下产量最高,为 7 167.15 kg·hm⁻²,齐杂 722 在 A5 处理下产量最高,为 7 151.48 kg·hm⁻²;3 个品种均在 A2 处理下产量最低,龙杂 19 为 6 046.62 kg·hm⁻²,龙杂 20 为 5 771.92 kg·hm⁻²,齐杂 722 为 5 695.12 kg·hm⁻²。

综上可以看出,A2、A3、A4 和 A5 处理虽然较 A1 减少了实际的氮素施用量,但除 A2 处理外,其余 3 种肥料处理下高粱的产量均不低于 A1

处理。由此可见,可以通过优化肥料类型在减少氮素施用量的同时达到高粱稳产甚至增产的效果。

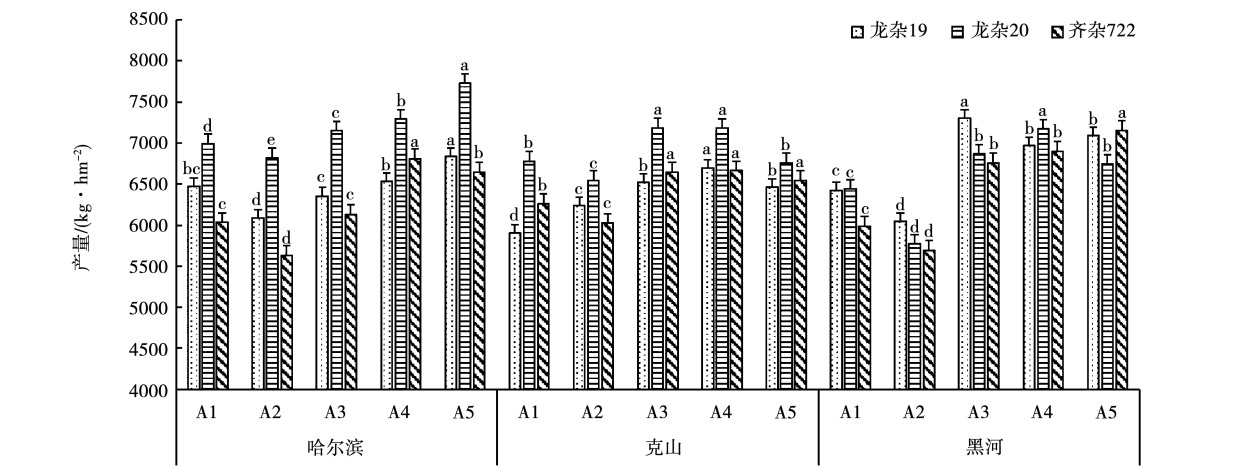


图 1 不同肥料处理对高粱产量的影响

注:不同小写字母表示同一品种在同一地点不同肥料处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

2.1.2 单穗重和千粒重 由表 4 可知,在哈尔滨试验点,龙杂 19 在 A5 处理下单穗重最高,为 21.81 g,在 A1 处理下千粒重最高,为 19.47 g;龙杂20 在 A1 处理下单穗重最高,为 24.42 g,在 A5 处理下千粒重最高,为 22.67 g;齐杂 722 在 A3 处理下单穗重最高,为 22.52 g,在 A5 处理下千粒重最高,为 21.47 g。

在克山试验点,龙杂 19 在 A1 处理下单穗重最高,为 20.46 g,各处理间单穗重差异均不显著,在 A4 处理下千粒重最高,为 21.71 g;龙杂 20 在 A1处理下单穗重最高,为 21.90 g,各处理间的单穗重差异均不显著,在 A4 处理下千粒重

最高,为 24.89 g;齐杂 722 在 A5 处理下单穗重最高,为 21.20 g,在 A4 处理下千粒重最高,为 22.01 g。

在黑河试验点,龙杂 19 在 A3 处理下单穗重最高,为 24.59 g,在 A4 处理下千粒重最高,为 21.41 g,且各处理间的千粒重差异均不显著;龙杂 20在 A4 处理下单穗重最高,为 22.80 g,在 A5 处理下千粒重最高,为 22.40 g,且各处理间的千粒重差异均不显著;齐杂 722 在 A5 处理下单穗重和千粒重均为最高,分别为 25.51 和 23.36 g。综上可以看出,不同肥料对高粱产量构成因子的影响无显著规律。

地点		单穗重/g			千粒重/g		
		龙杂 19	龙杂 20	齐杂 722	龙杂 19	龙杂 20	齐杂 722
哈尔滨	A1	20.73±0.34 ab	24.42±0.93 a	20.88±0.65 b	19.47±0.19 a	21.73±0.25 b	19.27±0.25 c
	A2	20.02±0.71 b	22.78±0.80 bc	20.41±0.47 b	17.80±0.14 c	21.28±0.20 b	18.80±0.16 c
	A3	20.53±0.72 b	23.87±1.06 ab	22.52±0.36 a	19.00±0.43 ab	21.73±0.41 b	20.40±0.49 b
	A4	20.49±0.66 b	22.34±0.49 c	21.62±0.84 ab	18.87±0.38 ab	21.93±0.57 b	17.87±0.62 d
	A5	21.81±1.40 a	23.24±0.82 abc	21.47±0.14 ab	18.53±0.26 b	22.67±0.50 a	21.47±1.11 a
克山	A1	20.46±0.22 a	21.90±0.50 a	19.14±0.61 b	21.05±0.57 ab	23.87±0.73 bc	21.41±0.67 ab
	A2	18.94±1.57 a	20.24±0.27 a	20.70±1.10 ab	21.38±0.33 ab	23.37±0.48 c	21.08±0.01 ab
	A3	19.68±0.63 a	21.34±0.24 a	19.71±1.49 ab	20.67±0.80 b	24.76±0.19 ab	20.42±0.44 b
	A4	18.98±0.72 a	21.54±0.89 a	19.26±1.04 b	21.71±0.72 a	24.89±0.28 a	22.01±0.38 a
	A5	20.04±1.36 a	21.10±0.99 a	21.20±1.26 a	21.27±0.31 ab	24.64±0.55 ab	21.10±0.82 ab
黑河	A1	21.38±0.29 b	19.94±0.48 b	21.58±0.94 b	20.63±0.82 a	21.86±0.79 a	22.09±0.46 ab
	A2	20.65±1.31 b	21.92±0.75 ab	23.40±1.33 ab	20.41±0.81 a	21.69±0.48 a	22.16±0.77 ab
	A3	24.59±1.02 a	20.66±0.82 b	25.04±2.02 a	21.10±0.13 a	21.90±0.52 a	21.98±0.90 b
	A4	23.79±1.52 a	22.80±0.62 a	24.34±1.02 a	21.41±0.54 a	22.01±0.40 a	22.61±0.70 ab
	A5	23.49±1.54 a	20.77±0.67 b	25.51±1.82 a	21.34±0.57 a	22.40±1.03 a	23.36±0.94 a

注:不同小写字母表示同一品种在同一地点不同处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

2.2 不同施肥处理对高粱株高和穗长的影响

2.2.1 株高 由图2可知,在哈尔滨试验点,龙杂19和龙杂20的株高均在A4处理下最高,A2处理下最低,齐杂722的株高在A3处理下最高,A1处理下最低。

在克山试验点,龙杂19和龙杂20的株高均在A4处理下最高,齐杂722在A1处理下最高,

3个品种的最低株高处理分别为龙杂19(A2)、龙杂20(A5)、齐杂722(A2)。

在黑河试验点,龙杂19的株高在A3处理下最高,龙杂20和齐杂722均在A1处理下株高最高,3个品种的最低株高处理分别为龙杂19(A5)、龙杂20(A2)、齐杂722(A2)。综上可以看出,肥料对不同品种的株高影响无显著规律。

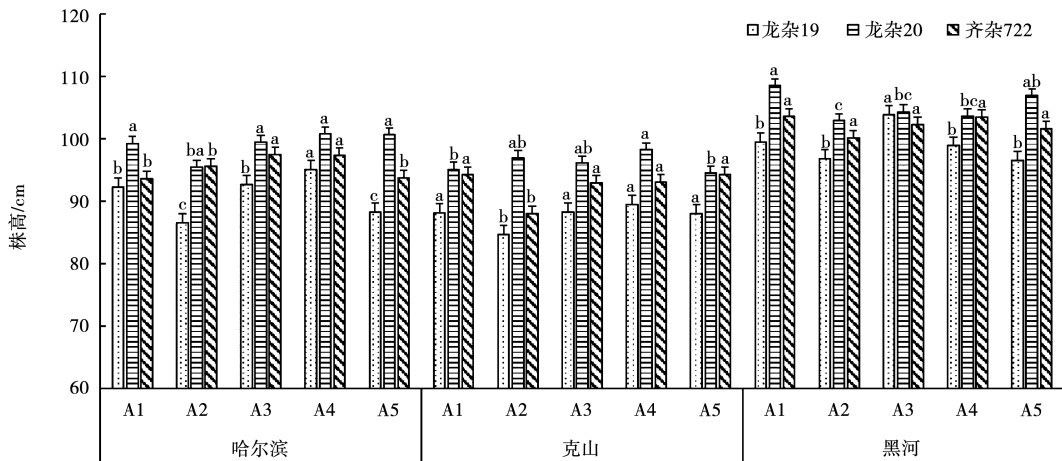


图2 不同肥料处理对高粱株高的影响

2.2.2 穗长 由图3可知,在哈尔滨试验点,3个品种穗长最大的处理分别为龙杂19(A3)、龙杂20(A4)、齐杂722(A1)。在克山试验点,3个品种穗长最大的处理分别为龙杂19(A1)、龙杂20(A2)、齐杂722(A2)。在黑河试验点,

3个品种穗长最大的处理分别为龙杂19(A5)、龙杂20(A5)、齐杂722(A4)。综上可以看出,肥料对不同品种的穗长影响无显著规律,且大部分处理间的差异不显著。

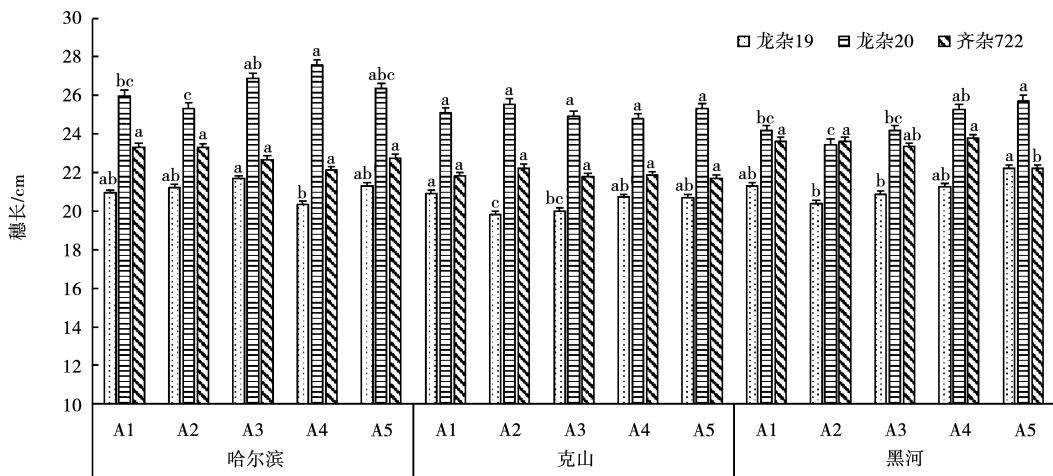


图3 不同肥料处理对高粱穗长的影响

2.3 不同施肥处理对籽粒品质性状的影响

由表5可知,在哈尔滨试验点,3个品种的淀粉含量和容重均在A3处理下最高,A2处理下最低;龙杂19的单宁含量在A5处理下最高,龙杂20和齐杂722的单宁含量均在A3处理下最高。

在克山试验点,龙杂19的淀粉含量、单宁含

量和容重均在A3处理下最高,龙杂20的淀粉含量和容重均在A3处理下最高,单宁含量在A4处理下最高,齐杂722的淀粉含量在A3处理下最高,单宁含量和容重在A4处理下最高,但A4处理下的容重与A3处理无显著差异,3个品种的淀粉含量、单宁含量和容重均在A2处理下最低。

在 黑 河 试 验 点, 龙 杂 19 的 淀 粉 含 量、单 宁 含 量 和 容 重 均 在 A3 处 理 下 最 高; 龙 杂 20 的 淀 粉 含 量 在 A3 处 理 下 最 高, 单 宁 含 量 在 A4 处 理 下 最 高, 容 重 在 A1 处 理 下 最 高; 齐 杂 722 的 淀 粉 含 量、单 宁 含 量 和 容 重 则 均 在 A4 处 理 最 高, 3 个 品 种 的 淀 粉 含 量、单 宁 含 量 和 容 重 大 多 在 A2 处 理 下 表 现 最 差。

综 上 可 以 看 出, 龙 杂 19 和 龙 杂 20 的 淀 粉 含

量 和 容 重 在 3 个 试 验 点 中 几 乎 都 在 A3 处 理 下 最 高, 齐 杂 722 则 是 在 A3 或 A4 处 理 下 最 高。3 个 品 种 的 淀 粉 含 量 和 容 重 几 乎 都 在 A2 处 理 下 最 低。3 个 品 种 的 单 宁 含 量 除 哈 尔 滨 试 验 点 的 龙 杂 19 在 A5 处 理 下 最 高 外, 其 余 处 理 均 在 A3 或 A4 处 理 下 最 高, A2 处 理 下 较 低。由 此 可 见, 在 A3 处 理 下, 3 个 品 种 的 品 质 性 状 表 现 较 好, 而 在 A2 处 理 下, 3 个 品 种 的 各 品 质 性 状 均 表 现 较 差。

表 5 不同肥料处理对高粱品质性状的影响

地点	处理	淀粉含量/%			单宁含量/%			容重/(g·L ⁻¹)		
		龙杂 19	龙杂 20	齐杂 722	龙杂 19	龙杂 20	齐杂 722	龙杂 19	龙杂 20	齐杂 722
哈尔滨	A1	72.59 a	70.92 b	73.16 bc	1.10 b	1.12 ab	1.11 ab	706.67 a	752.50 a	689.17 a
	A2	72.47 a	69.85 c	72.96 c	1.12 b	1.12 ab	1.08 b	692.50 b	749.17 a	684.17 a
	A3	73.03 a	71.83 a	74.09 a	1.14 b	1.17 a	1.18 a	709.17 a	760.83 a	699.17 a
	A4	72.75 a	71.79 a	73.80 ab	1.13 b	1.06 b	1.17 a	699.17 ab	755.00 a	687.50 a
	A5	72.82 a	71.47 ab	73.56 abc	1.21 a	1.09 b	1.06 b	699.17 ab	759.17 a	694.17 a
克山	A1	74.09 a	73.20 a	75.06 a	1.28 b	1.02 d	1.21 b	741.25 a	768.57 a	726.87 b
	A2	73.33 b	72.52 b	73.75 b	1.09 d	1.02 d	1.15 b	732.02 b	767.42 a	726.07 b
	A3	74.25 a	73.45 a	75.39 a	1.42 a	1.19 b	1.30 a	748.02 a	772.78 a	735.02 ab
	A4	73.69 b	73.25 a	75.35 a	1.40 a	1.26 a	1.32 a	742.97 a	770.12 a	737.52 a
	A5	73.61 b	73.09 a	75.27 a	1.16 c	1.11 c	1.16 b	743.91 a	769.12 a	726.39 b
黑河	A1	71.95 b	70.08 d	72.60 b	1.17 b	1.13 a	1.14 b	704.14 bc	753.31 a	716.58 bc
	A2	71.59 b	69.10 e	72.84 b	1.08 c	1.04 b	1.10 b	688.76 c	732.44 b	709.95 c
	A3	72.89 a	71.81 a	73.49 a	1.25 a	1.07 b	1.22 a	735.12 a	747.71 ab	735.37 ab
	A4	72.62 a	71.21 b	73.92 a	1.24 a	1.14 a	1.22 a	719.45 ab	735.38 ab	743.09 a
	A5	72.56 a	70.74 c	73.57 a	1.16 b	1.08 b	1.09 b	729.13 a	735.72 ab	716.04 bc

3 讨论

每个高粱品种在不同地区不同施肥处理下产量表现不尽相同,应根据每个地点的土壤和生态环境条件,选择适宜的施肥处理^[11-12]。综合分析 3 个高粱品种的产量在不同试验点不同肥料处理间表现均有差异,在减少实际氮素施用量的情况下,除施用磷酸氢二铵 225.0 kg·hm⁻² + 大粒尿素 238.5 kg·hm⁻² 的处理外,施用生物复混肥、长效缓释肥和复合肥的处理均能在一定程度上较施用磷酸氢二铵 225.0 kg·hm⁻² + 大粒尿素 300.0 kg·hm⁻² 的处理保持或提高产量,因此不同地区生产中可根据实际情况选择生物复混肥、长效缓释肥和复合肥,以在减少氮素施用量的同时获得较高的产量。

不同肥料处理对高粱的单穗重和千粒重的影响无显著规律,部分处理间性状差异不显著,这与其他作物的类似研究结果不同^[13-14]。可能是因为本研究中的 3 个高粱品种均为极早熟矮秆高粱类型,其耐密植能力较强,其单穗重和千粒重在生产中受种植密度影响较大。

本试验中 3 个高粱品种的株高在不同地点和不同肥料处理下的表现无明显规律,部分肥料处理间株高差异不显著,但从整体试验结果中可看出,在施用磷酸氢二铵 225.0 kg·hm⁻² + 大粒尿素 300.0 kg·hm⁻²、生物复混肥 883.6 kg·hm⁻² 和长效缓释肥 834.5 kg·hm⁻² 处理下的株高较高,而施用磷酸氢二氨 225.0 kg·hm⁻² + 大粒尿素 238.5 kg·hm⁻² 或复合肥 1 001.4 kg·hm⁻² 处理下株高较低。王玉莲^[15] 的研究表明,增加施肥量对高粱株高的提升是明显的,有机肥配施化肥效果较显著。张艳军等^[16] 的研究表明,在相同的施肥方式、不同的施氮水平下,糯高粱的穗长变化不明显。本试验的研究结果与前人较为一致。

王陈芹等^[17] 的研究表明,施用有机肥能有效提高高粱籽粒的淀粉、单宁等的含量,进而提高高粱籽粒的品质。本试验中,施用生物复混肥 883.6 kg·hm⁻² 能够显著提高各品种的品质性状,而施用磷酸氢二铵 225.0 kg·hm⁻² + 大粒尿素 238.5 kg·hm⁻² 处理下各品种的品质性状均表现较差,说明在生产中若想在减施氮肥的前提下有效提高籽粒的品质,可选择施用生物复混肥。

4 结论

本试验结果表明,3个品种的产量在不同试验点不同肥料处理间表现均有差异。在哈尔滨、克山和黑河3个试验点龙杂19产量最高的施肥处理及产量分别为复合肥处理($6\,836.27\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、长效缓释肥处理($6\,691.15\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和生物复混肥处理($7\,303.75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$);龙杂20产量最高的施肥处理及产量分别为复合肥处理($7\,725.61\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、生物复混肥处理($7\,185.00\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和长效缓释肥处理($7\,167.15\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$);齐杂722产量最高的施肥处理及产量分别为长效缓释肥处理($6\,808.44\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)、长效缓释肥处理($6\,662.51\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和复合肥处理($7\,151.48\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)。不同肥料对高粱产量构成因子和株高的影响无显著规律。籽粒品质性状方面,3个高粱品种的淀粉含量和容重均在施用生物复混肥处理下最高,龙杂20和齐杂722的单宁含量也在施用生物复混肥处理下最高,而龙杂19的单宁含量则在施用复合肥处理下最高。

参考文献:

- [1] 张晓娟,刘勇,王绘艳,等.糯高粱顶土能力与幼苗器官形态关系的研究[J/OL].山西农业大学学报(自然科学版),1-8 [2023-03-29]. DOI:10.13842/j.cnki.issn1671-8151.202302020.
- [2] 李国瑜,丛新军,赵娜,等.山东省高粱产业发展现状及未来展望[J].农学学报,2022,12(10):77-81.
- [3] 赵德,杨微,梁军,等.酿造用高粱杂交种吉杂163的选育过程及栽培与繁殖技术[J].现代农业科技,2023(11):23-25,29.
- [4] 李圣军.国际大粮商掌控模式分析[J/OL].粮油食品科技:1-6 [2023-03-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.ts.20230627.1158.006.html>.

- [5] 刘晨阳,张蕙杰,辛翔飞.中国高粱产业发展特征及趋势分析[J].中国农业科技导报,2020,22(10):1-9.
- [6] 闫锋,董扬,李清泉,等.黑龙江省高粱生产现状及对策[J].农业科技通讯,2021(11):11-13.
- [7] 肖兴中,孙迷平,赵玉玲,等.追施有机肥或复合肥对夏玉米产量及部分相关性状的影响[J].农业科技通讯,2022(9):31-33.
- [8] 再吐尼古丽·库尔班,吐尔逊·吐尔洪,涂振东,等.长期不同施肥处理对连作高粱生长规律及产量的影响研究[J].草业学报,2020,29(8):81-92.
- [9] 董亚兵,彭亚妹,李魁印,等.密度和施肥对茅梁1号高粱光合速率、产量及品质的影响[J].江苏农业科学,2021,49(4):38-44.
- [10] 黄春芳,倪永年.分光光度法测定食品中的单宁[J].南昌大学学报,2002,3(26):243-246.
- [11] 肖继兵,刘志,崔丽华,等.辽西土壤养分供应能力与高粱施肥推荐[J].中国土壤与肥料,2016(6):81-85,92.
- [12] 颜炜清,郭华春,方彦杰,等.天水旱作区马铃薯氮磷钾效应模型构建及其施肥指标研究[J].核农学报,2023,37(8):1668-1680.
- [13] 田艺心,曹鹏鹏,高凤菊,等.减氮施肥对间作玉米-大豆生长性状及经济效益的影响[J].山东农业科学,2019,51(11):109-113.
- [14] 王文婷,马佳颖,李光彦,等.高温下不同施肥量对水稻产量品质形成的影响及其与能量代谢的关系分析[J].中国水稻科学,2023,37(3):253-264.
- [15] 王玉莲.长期不同施肥处理对连作高粱生长规律及产量的影响[J].农业开发与装备,2021(12):199-200.
- [16] 张艳军,刘佳,张钟,等.不同品种、密度、施氮量、播种方式对糯高粱生物性状及产量的影响[J].中国农学通报,2023,39(2):1-7.
- [17] 王陈芹,魏成熙,杨帆.酒糟有机肥对高粱产量及品质的影响[J].贵州农业科学,2012,40(9):97-100.

Effects of Different Fertilizers on Yield and Quality Characters of Extremely Early Maturing Sorghum Varieties in Heilongjiang Province

WU Zhenyang, JIAO Shaojie, WANG Liming, JIANG Yanxi, YAN Hongdong, SU Defeng, MA Zijun

(Crop Resources Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to promote the development of sorghum industry in Heilongjiang Province, the effects of different fertilizer treatments on the yield and quality of sorghum were by analyzed split-plot experiments design using three extremely sorghum varieties. The results showed that the yield of the three varieties varied among different experimental sites and fertilizer treatments. The fertilization treatments with the highest yield of Longza 19 in Harbin, Keshan and Heihe were compound fertilizer treatment ($6\,836.27\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), long-term slow-release fertilizer treatment ($6\,669.15\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), and biological compound fertilizer treatment ($7\,303.75\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); The fertilization treatments with highest yield of Longza 20 at three experimental sites were compound fertilizer treatment ($7\,725.61\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), biological compound fertilizer treatment ($7\,185.00\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), and long-term slow-release fertilizer treatment ($7\,167.15\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); The fertilization treatments with highest yield of Qiza 722 at three experimental sites were long acting slow release fertilizer treatment ($6\,808.44\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), long acting slow release fertilizer treatment ($6\,662.51\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), and compound fertilizer treatment ($7\,151.48\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). There was no significant effect of different fertilizers on the agronomic traits of sorghum; The grain quality traits of the three varieties were significantly improved when applying biological compound fertilizers.

Keywords: sorghum; compound fertilizer; long-term show-release fertilizer; biological compound fertilizer; yield; quality