

栽培方式对高粱生长发育、产量及产量构成因子的影响

盖志佳¹ 刘婧琦¹ 蔡丽君¹ 张敬涛¹ 姜艳喜² 焦少杰³ 李如来¹
王雪洁¹ 谷 维⁴ 张俐俐³

(¹ 黑龙江省农业科学院佳木斯分院, 佳木斯 154007; ² 黑龙江省农业科学院作物资源研究所, 哈尔滨 150086;

³ 黑龙江省农业科学院, 哈尔滨 150086; ⁴ 黑龙江省农业科学院植物保护研究所, 哈尔滨 150086)

摘要: 科学合理的栽培方式可促进高粱生长发育, 进而增加高粱籽粒产量。试验采用随机区组设计, 设置 130cm 大垄 3 行和 65cm 小垄 2 行两种栽培方式, 研究不同栽培方式对合杂 1 号高粱生长发育、农艺性状、产量构成因子及产量的影响。试验研究表明, 130cm 大垄 3 行处理的高粱千粒重、穗粒数显著高于 65cm 小垄 2 行处理, 进而实现了 130cm 大垄 3 行处理产量显著高于 65cm 小垄 2 行处理, 增产率为 5.12%。从高粱生长发育角度来分析, 130cm 大垄 3 行处理高粱叶片干重、叶面积、叶绿素含量、比叶重以及穗干重明显高于 65cm 小垄 2 行处理, 这为 130cm 大垄 3 行处理较高籽粒产量的形成奠定了基础。本试验对黑龙江省三江平原地区高粱的种植模式进行试验研究, 以期为本区高粱密植栽培技术的推广应用提供理论和依据。

关键词: 栽培方式; 130cm 大垄 3 行; 65cm 小垄 2 行; 高粱; 生长发育; 产量

高粱是自 1949 年以来生产变化最大的作物之一, 由过去的北方地区主要粮食作物逐渐演变为现在在局部地区种植的主作酿造原料的小杂粮作物^[1]。

基金项目: 黑龙江省农业科学院创新跨越工程项目 (HNK2019CX05-11); 黑龙江省应用研发项目 (GA21B009-13)

通信作者: 张敬涛

高粱具有耐旱、耐瘠薄、耐盐碱、适应性广等特点, 是我国干旱和半干旱地区重要的粮食和酿造原料作物, 是当前农业生产调整结构、转变生产方式的理想作物之一。高粱是黑龙江省三江平原地区重要的经济作物, 种植效益较高。近几年农民种植高粱的积极性不断提高, 但是高粱产量不理想, 种植收益持续

同, 需要进一步研究其抗旱性能和栽培技术体系, 实现良种良法配套, 加快推广速度, 从而提高经济效益和社会效益。其余品种产量水平低且田间性状表现较差, 不适宜在威海市大面积推广种植。

参考文献

- [1] Wang T, Chen X, Zhu F, Li H, Li L, Yang Q, Chi X, Yu S, Liang X. Characterization of peanut germin-like proteins, *AhGLPs* in plant development and defense. *PLoS One*, 2013, 8 (4): e61722
- [2] Shoba D, Manivannan N, Vindhiyavarman P, Nigam S N. SSR markers associated for late leaf spot disease resistance by bulked segregant analysis in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Euphytica*, 2012, 188 (2): 265-272
- [3] 苗华荣, 崔凤高, 胡晓辉, 石运庆, 陈静. 高油酸系列花生新品种的选育及特性. *花生学报*, 2015, 44 (1): 64-65

- [4] 许静, 潘丽娟, 陈娜, 王通, 陈明娜, 王冕, 禹山林, 丁红, 孙伟, 赵孝东, 迟晓元. 不同花生荚果力学特性研究及优异品系筛选. *中国油料学报*, 2021, 43 (5): 803-815
- [5] 鲍广峰. 含油量不同花生品种 (系) 子仁营养物质积累特征的研究. 泰安: 山东农业大学, 2019
- [6] 廖伯寿. 我国花生生产发展现状与潜力分析. *中国油料作物报*, 2020, 42 (02): 161-166
- [7] 吕建伟. 花生株高和出仁率 QTL 定位分析. 武汉: 华中农业大学, 2019
- [8] 威海市地方史志办公室. 威海年鉴. 北京: 方志出版社, 2018
- [9] 金欣欣, 宋亚辉, 王瑾, 程增书, 李玉荣, 陈四龙. 播期对花生农艺性状、产量和品质的影响. *中国油料作物学报*, 2021, 43 (5): 898-905
- [10] 彭守华, 叶全, 董向丽, 苗延平, 张天雨, 周新宇, 陈妮, 梁丽君. 威海市无公害花生生产技术操作规程. 园艺与种苗, 2021, 41 (7): 72-75

(收稿日期: 2022-01-17)

提高遭遇瓶颈。高粱窄行密植栽培技术给高粱产业带来了曙光,选择好品种后,掌握科学种植高粱的栽培方式就变得尤为重要。种植方式是对高粱籽粒产量影响较大的栽培技术因子。通过改变种植方式来协调个体之间的矛盾,使群体内竞争达到最小,充分地利用环境资源,有效改善群体内部小气候,进而获得高产。黑龙江省高粱种植模式主要有 65cm 垄上 2 行和 130cm 大垄 3 行或 4 行这两种主要种植模式。关于不同栽培方式对高粱籽粒产量影响的研究在黑龙江省尚未见报道。本试验以合杂 1 号高粱为试验材料,研究不同栽培方式(大垄 3 行和小垄 2 行)对高粱生长发育、农艺性状、产量构成因子及产量的影响,以期对黑龙江省三江平原地区高粱高产栽培提供依据和参考,为农民增收提供技术支撑,提高农民种植高粱的收益和积极性,进而助力乡村振兴。

1 材料与方法

1.1 试验材料 选用高粱新品种合杂 1 号^[2]为研究材料,试验材料由黑龙江省农业科学院佳木斯分院提供。

1.2 试验地点与试验设计 试验于 2020 年在黑龙江省农业科学院佳木斯分院试验示范基地进行(46° 18' N, 130° 22' E),本地区属于寒温带大陆性季风气候,雨热同期,无霜期 130d 左右,≥ 10℃ 活动积温 2500℃ 左右,平均年降雨量 500mm 左右。

本试验采用随机区组设计,设置两种高粱栽培方式,分别为 130cm 大垄 3 行(小行距 40cm)和 65cm 小垄 2 行(小行距 10cm),保苗密度 19 株/m²,每个处理 3 次重复。小区行长 20m、宽 5.2m,小区面积 104m²。前茬作物为大豆,土壤类型为草甸黑土,土壤肥力均匀,0~20cm 土壤的 pH 值为 6.98,每 kg 土壤有机质含量 29.67g、全氮含量 1.92g、全磷含量 1.54g、全钾含量 25.82g、速效磷含量 36.58mg、碱解氮含量 126.82mg、速效钾含量 118.25mg。5 月 15 日播种,9 月 25 日收获。

1.3 测定项目与方法 在拔节期、挑旗期、开花期和成熟期测定高粱叶片干重、穗干重、叶面积和叶片叶绿素含量,并计算高粱叶片比叶重。每个处理取 3 次重复,每个重复连续取有代表性的高粱植株 5 株,测定高粱叶片形态生理指标。

高粱叶片及穗干重采用烘干重法,高粱叶面积

采用叶面积仪测定,高粱叶片叶绿素含量采用便携式 SPAD-502 叶绿素测定仪测定,比叶重 = 叶片干重 / 叶面积。成熟期每个处理连续取 10 株高粱测定株高,然后进行考种测定高粱穗长、穗粒数、千粒重;每个处理取 3 个点,每点 5m²,脱粒测定高粱籽粒产量和水分,同时按标准水分(14%)折算高粱籽粒产量。

1.4 数据处理 采用 Excel 2003 软件进行数据整理、统计和数据分析,采用 DPS 7.05 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 栽培方式对高粱叶片干重的影响 从表 1 可知,130cm 大垄 3 行和 65cm 小垄 2 行处理的高粱叶片干重在整個生育时期呈先增加再降低的趋势,在挑旗期高粱叶片干重最高,随着高粱的生长发育叶片干重在挑旗期后开始降低,这一方面与高粱部分叶片衰老有关,另外一方面也与干物质向高粱穗部转移有关;通过方差分析发现,栽培方式对高粱叶片干重影响显著($P < 0.05$),130cm 大垄 3 行处理在各生育时期高粱叶片干重均显著高于 65cm 小垄 2 行处理,这可能与 130cm 大垄 3 行处理的高粱植株群体分布更合理有关。在高粱拔节期、挑旗期、开花期和成熟期,130cm 大垄 3 行处理较 65cm 小垄 2 行处理的叶片干重分别增加 8.37%、7.07%、13.82% 和 9.48%。

表 1 栽培方式对高粱叶片干重的影响 (g/株)

栽培方式	拔节期	挑旗期	开花期	成熟期
130cm 大垄 3 行	2.46a	11.96a	11.12a	8.78a
65cm 小垄 2 行	2.27b	11.17b	9.77b	8.02b

同列不同字母代表 0.05 水平上差异显著,下同

2.2 栽培方式对高粱叶面积的影响 叶面积是衡量作物地上部分生长状态的重要指标之一。从表 2 可知,130cm 大垄 3 行和 65cm 小垄 2 行两种种植方式的高粱叶面积在整个生育时期呈先增加再降低的趋势,在挑旗期叶面积最高;方差分析结果表明,栽培方式对拔节期、挑旗期高粱叶面积影响不显著($P > 0.05$);而在开花期、成熟期,130cm 大垄 3 行处理的叶面积显著高于 65cm 小垄 2 行处理($P < 0.05$),这可能与开花期出现了干旱天气有关,130cm 大垄 3 行处理抗旱保墒效果要好于 65cm 小垄 2 行处理。

表2 栽培方式对高粱叶面积的影响 ($\text{cm}^2/\text{株}$)

栽培方式	拔节期	挑旗期	开花期	成熟期
130cm 大垄 3 行	717.91a	2490.99a	2275.82a	1892.51a
65cm 小垄 2 行	691.50a	2443.05a	2118.21b	1819.06b

2.3 栽培方式对高粱叶绿素含量的影响 叶绿素含量是衡量叶片光合作用的重要指标之一。从表3可知,130cm大垄3行和65cm小垄2行两种种植方式的高粱叶片叶绿素含量在整个生育时期呈先增加再降低的趋势,在开花期叶片叶绿素含量最高,在成熟期高粱叶片虽然具备功能,但是叶绿素含量均降低;方差分析结果表明,在拔节期、挑旗期和开花期不同栽培方式对高粱叶片叶绿素含量影响显著($P<0.05$),这可能与130cm大垄3行处理的高粱植株群体分布更合理有关。在拔节期、挑旗期、开花期130cm大垄3行处理较65cm小垄2行处理的叶片叶绿素含量分别增加4.50%、6.66%和6.14%。

表3 栽培方式对高粱叶片叶绿素含量的影响(SPAD)

栽培方式	拔节期	挑旗期	开花期	成熟期
130cm 大垄 3 行	46.25a	50.64a	53.25a	39.48a
65cm 小垄 2 行	44.26b	47.48b	50.17b	39.32a

2.4 栽培方式对高粱比叶重的影响 比叶重也是衡量叶片光合作用的重要指标之一。从表4可知,130cm大垄3行和65cm小垄2行两种种植方式的高粱比叶重在整個生育时期呈先增加再降低的趋势,在开花期比叶重值最高;方差分析结果表明,在拔节期、挑旗期、开花期、成熟期不同栽培方式对高粱比叶重影响显著,130cm大垄3行处理比叶重显著高于65cm小垄2行处理。在拔节期、挑旗期、开花期和成熟期130cm大垄3行处理较65cm小垄2行处理的比叶重分别增加4.39%、5.01%、5.94%和5.22%。

表4 栽培方式对高粱比叶重的影响 (g/m^2)

栽培方式	拔节期	挑旗期	开花期	成熟期
130cm 大垄 3 行	34.27a	48.01a	48.86a	46.39a
65cm 小垄 2 行	32.83b	45.72b	46.12b	44.09b

2.5 栽培方式对高粱穗干重的影响 在开花期和成熟期测定了高粱穗干重,高粱穗干重在一定程度上也能反映产量的高低。方差分析结果表明(表5),栽培方式对高粱穗干重影响显著,在各时期130cm大垄3行处理穗干重均显著高于65cm小垄2行处理,这可能与130cm大垄3行处理的高粱植株群体分布更合理有关;此外,也可能与高粱开花期出现了干旱天气有关,130cm大垄3行处理抗旱保墒效果要好于65cm小垄2行处理。

表5 栽培方式对高粱穗干重的影响 ($\text{g}/\text{株}$)

栽培方式	开花期	成熟期
130cm 大垄 3 行	14.66a	65.96a
65cm 小垄 2 行	13.98b	58.25b

2.6 栽培方式对高粱籽粒产量、产量构成因子以及农艺性状的影响 从表6可知,栽培方式对高粱籽粒产量、产量构成因子影响显著,而对高粱株高、穗长2个农艺性状影响不显著。130cm大垄3行处理的千粒重、穗粒数显著高于65cm小垄2行,因此130cm大垄3行处理的高粱籽粒产量为 $636.25\text{kg}/667\text{m}^2$,65cm小垄2行处理高粱籽粒产量为 $605.25\text{kg}/667\text{m}^2$,130cm大垄3行处理的高粱籽粒产量显著高于65cm小垄2行处理高粱产量,增产率为5.12%。在高粱生育期间,开花期出现了阶段性干旱,干旱持续时间较长,严重限制了高粱产量的提高,而130cm大垄3行处理的保水保墒效果要好于65cm小垄2行处理,所以130cm大垄3行处理的千粒重和穗粒数显著高于65cm小垄2行处理。

表6 栽培方式对高粱籽粒产量、产量构成因子以及农艺性状的影响

栽培方式	密度 (株/ m^2)	株高 (cm)	穗长 (cm)	千粒重 (g)	穗粒数	产量 (kg/ 667m^2)
130cm 大垄 3 行	19	162.68a	25.8a	26.46a	1515.69a	636.25a
65cm 小垄 2 行	19	160.21a	25.6a	25.01b	1431.32b	605.25b

3 结论与讨论

作物的生长发育、产量及品质受到如品种、环境、栽培措施等诸多因素的影响,而行距是提升作物产量的重要栽培措施之一。高粱大垄窄行密植栽培技术是在选用耐密抗倒品种的基础上,以品种为核心,以技术为突破口,通过缩小行距,增加株距,增加单位面积种植株数,促进高粱群体结构合理,提高叶片光能利用率,最终实现高粱增产的一项高产栽培技术^[3]。合理的配置方式能够改善植株对资源的利用,合理的行距可促进作物的生长发育,最大化地利用光、温、水、养分等农业自然资源,进而提高作物产量。研究表明调整行距可以改善作物冠层内的光照、温度、气体和湿度等自然因素,对于植株群体冠层结构的构建起重要作用,可以影响作物植株个体长势和光合效率,有利于提升作物产量^[4-5]。

大豆栽培方式方面报道较多,如 65cm “三垄栽培”模式^[6]、130cm “大垄密”模式^[7]和“暗垄密”模式^[8]等。李瑞平等^[9]研究结果表明,大豆垄上 3 窄行密植方式的叶面积指数、光合势、光合速率、比叶重以及叶绿素含量均高于垄上 2 行和 1 行栽培方式处理,垄上 3 行处理较后两者分别增产 4.1% 和 11.1%。植株在田间的分布更均匀、更合理可能是大垄密植栽培方式较小垄密植增产的原因之一。高粱栽培方式在黑龙江省之外的其他地区有相关研究和报道。肖继兵等^[10]研究指出,适宜种植密度下,宽窄行种植方式较等行距种植方式可有效改善冠层透光率,增加群体叶面积指数,扩大光合作用面积,提高叶片尤其是中下层叶片光合性能,这是实现作物群体结构和植株个体功能协同增益和经济产量提高的重要途径。辛宗绪等^[11]研究发现二比空(种 2 行空 1 行)和大垄双行种植方式有助于矮秆高粱光合条件的改善,可作为辽西地区矮秆高粱高产首选的种植方式。

不同栽培方式对黑龙江高粱籽粒产量影响的研究未见报道。本研究结果表明 130cm 大垄 3 行处理的高粱籽粒产量显著高于 65cm 小垄 2 行处理。从产量构成的角度来分析,130cm 大垄 3 行处理的千粒重、穗粒数显著高于 65cm 小垄 2 行处理,进而实现了 130cm 大垄 3 行处理产量显著高于 65cm 小垄 2 行处理。从高粱生长发育角度来分析,130cm

大垄 3 行处理叶片干重、叶面积、叶片叶绿素含量、比叶重以及穗干重明显高于 65cm 小垄 2 行处理,这为 130cm 大垄 3 行处理较高产量的形成奠定了基础。从群体结构角度分析,130cm 大垄 3 行处理的植株分布均匀,光能利用率较高,所以产量会更好。从两种栽培方式的各自优势来分析,2020 年在高粱开花期出现了阶段性干旱,这种干旱称之为“卡脖子”,对高粱籽粒产量形成极为不利,130cm 大垄 3 行处理抗旱保墒效果更好,所以该处理高粱籽粒产量更高。本研究为黑龙江省高粱高产栽培提供参考和依据。在生产中应根据不同区域的生态环境特点、土壤类型等选择不同的种植方式,进行多点、多年和多品种试验以及栽培方式对高粱品质、根系生长发育的影响等相关研究,为高粱高产栽培技术的应用推广奠定坚实的基础,做到一个高粱品种配套一个高产栽培技术。

参考文献

- [1] 焦少杰,王黎明,姜艳喜,严洪冬,苏德峰,孙广全. 黑龙江省高粱生产发展演变过程分析. 黑龙江农业科学,2015(5): 138-144
- [2] 申晓慧,冯鹏,李如来. 高粱品种合聚 1 号的选育及栽培技术. 中国种业,2018(5): 76-77
- [3] 王黎明,焦少杰,姜艳喜,严洪冬,苏德峰,孙广全. 黑龙江省矮秆高粱的密植栽培技术. 黑龙江农业科学,2013(10): 158-159
- [4] David G, Reta Sánchez, Fowler J L. Canopy light environment and yield of narrow-row cotton as affected by canopy architecture. Agronomy Journal, 2002, 94(6): 1317-1323
- [5] Sharratt B S, McWilliams D A. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row corn. Agronomy Journal, 2005, 97: 1129-1135
- [6] 杨方人,赵九洲. 大豆“三垄”法高产技术分析—垄作深松及分层施肥的增产效应. 中国农业科学,1995(6): 46-51
- [7] 韩利萍,孙磊,田静,张泽钰,邵枫,毕诗婷,刘元英. 养分调控与栽培模式对大豆干物质积累及产量的影响. 大豆科学,2016,35(4): 593-598
- [8] 周勋波,王晶英,杨方人,张国军,宫占元. 大豆“暗垄密”栽培技术的高产效应研究. 黑龙江农业科学,2000(6): 11-13
- [9] 李瑞平,李志刚,马日亮,王贵平,包凤利. 大豆垄上三行窄沟密植栽培群体生理研究. 大豆科学,2009,28(1): 81-84
- [10] 肖继兵,刘志,孔凡信,辛宗绪,吴宏生. 种植方式和密度对高粱群体结构和产量的影响. 中国农业科学,2018,51(22): 4264-4276
- [11] 辛宗绪,赵术伟,孔凡信,肖继兵,刘志,朱晓东,吴宏生. 种植方式对矮秆高粱辽杂 37 号光合性能及产量的影响. 中国种业,2018(6): 60-62

(收稿日期: 2022-01-21)