

密度对油菜新品种润普丰产量和品质的影响

姬雨雪¹, 张智¹, 刘钊², 王晓斌³, 朱彦涛¹, 安然¹,

张彩霞³, 何厚刚³, 徐华英³, 韦世豪¹

(1. 陕西省杂交油菜研究中心, 陕西 杨凌 712100; 2. 紫阳县农业技术推广站, 陕西 紫阳 725300;

3. 紫阳县农业农村局, 陕西 紫阳 725300)

摘要: 研究以杂交油菜新品种润普丰为试验材料, 以沔油 737 为对照, 设置 7 个密度梯度, 从农艺性状、产量及品质三个性状来探索品种的适宜种植密度。结果表明, 密度对这三个性状均有不同程度的影响, 其中对产量影响最大, 在 31.5 万株/hm² 密度处理下产量最高, 达 3 619.35 kg/hm², 较同密度下对照品种增产 8.31%。综合三个性状分析, 在 27~36 万株/hm² 密度处理下能够获得农艺性状结构合理, 产量较高, 菜籽品质较好的植株。因此, 陕西汉中地区润普丰的直播适宜密度应该在 27~36 万株/hm² 之间。

关键词: 油菜; 润普丰品种; 密度; 产量; 品质

中图分类号: S533 文献标识码: A 文章编号: 0488-5368(2026)02-0080-04

Effects of Planting Density on Yield and Quality of New Rapeseed Variety 'Runpufeng'

Ji Yuxue¹, Zhang Zhi¹, Liu Zhao², Wang Xiaobin³, Zhu Yantao¹, An Ran¹, Zhang Caixia³, He Hougang³, Xu Huaying³, Wei Shihao^{1*}

(1. Hybrid Rapeseed Research Center of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Ziyang Agro-technical Extension Station, Ankang, Shaanxi 725300, China; 3. Ziyang Agriculture and Rural Affairs Bureau, Ankang, Shaanxi 725300, China)

Abstract: This study used the new hybrid rapeseed variety 'Runpufeng' as the test variety, with 'Fengyou 737' as the control variety, and established seven planting-density gradients to determine the optimal density by evaluating agronomic traits, yield, and seed quality. The results showed that planting density affected all three traits to varying degrees, with the greatest impact on yield. The highest yield was obtained at 315,000 plants/hm², reaching 3,619.35 kg/hm², which was 8.31% higher than that of the control variety at the same density. A comprehensive assessment of the three traits indicated that a density range of 270,000 - 360,000 plants/hm² produced plants with a reasonable agronomic structure, relatively high yield, and good seed quality. Therefore, for direct seeding in the Hanzhong region of Shaanxi Province, the suitable planting density for 'Runpufeng' is 270,000 - 360,000 plants/hm².

Key words: Rapeseed; 'Runpufeng' variety; Planting density; Yield; Quality

油菜(*Brassica napus* L.)是世界四大油料作物之一,是我国食用植物油的主要来源,在保障国家食用油供给安全战略中占据核心地位^[1]。据统计,2020至2022年我国油菜籽种植面积稳定在

收稿日期:2025-03-07 修回日期:2025-05-21

基金项目:陕西省重点研发计划--乡村振兴专项(2024NC-XCZX-26, 2024NC-XCZX-31)。

第一作者简介:姬雨雪(1994-),女,硕士研究生,研究实习员,主要从事油菜育种工作。

通信作者:韦世豪。

700 万 hm^2 ,但单位面积产量和品质仍存在较大提升空间。在油菜栽培管理中,合理调控种植密度已成为改善油菜农艺性状,提升产量和品质的重要农艺措施^[2]。有研究证明,随着种植密度的增加,油菜主要的农艺性状会发生显著变化,分枝起点高度、有效分枝数、分枝角果数、主花序角果数、主花序长度、每角粒数均会增加^[3]。也有研究证明,油菜的茎秆直径均随着密度的增加而减小,说明播种密度越大,单株生产力越低,油菜个体营养生长受到一定影响^[4]。合理密植通过协调个体和群体之间的生长关系,既能发挥单株生产潜力,又能促进群体干物质高效积累,为高产提质奠定基础^[5]。目前,我国长江流域稻油轮作区普遍存在土壤板结,茬口衔接紧等问题,导致油菜出苗率偏低。为弥补出苗不足,农户常采用增加播种量方式^[6],例如湖北、湖南等主产区播种量达 $7.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$,实际出苗密度常超过 180 万株/ hm^2 ^[7]。但过量密植对产量形成的正向效应是否具有可持续性,仍需进一步研究验证。

润普丰(曾用名秦油 1721)是由陕西省杂交油菜研究中心选育的早熟甘蓝型杂交油菜新品种^[8]。于 2020 年通过国家非主要农作物品种登记(登记编号:GPD 油菜(2020)610270)。该品种具有高产、高油、抗倒伏和抗病等优良特性。适宜在黄淮、长江流域等冬油菜主推区推广种植^[9]。本研究分析了该品种在不同栽培密度下的农艺性状、产量与品质指标变化规律,研究结论为建立机械化高产栽培技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试油菜品种为润普丰,由陕西省杂交油菜研究中心提供,对照品种为洋油 737,由陕西荣华农业科技有限公司李冬肖老师提供。

1.2 试验设计

试验地点:陕西省杂交油菜研究中心汉中勉县周家山镇黄沙社区试验地,前茬为水稻,肥力:中上等、均匀,土地平整,排灌方便。于 10 月 1 日播种,次年 5 月 15 日考种,5 月 20 日收获。试验方案:试验设密度一个因子,共七个水平,分别为 D1 ($22.5 \text{ 万株}/\text{hm}^2$)、D2 ($27 \text{ 万株}/\text{hm}^2$)、D3 ($31.5 \text{ 万株}/\text{hm}^2$)、D4 ($36 \text{ 万株}/\text{hm}^2$)、D5 ($40.5 \text{ 万株}/\text{hm}^2$)、D6 ($45 \text{ 万株}/\text{hm}^2$)与 D7 ($49.5 \text{ 万株}/$

hm^2)。采用随机区组设计,重复三次,洋油 737 为对照。共计 48 个小区,每个小区 12 m^2 ,行距 30 cm,试验区四周设置 6 行保护行。

1.3 指标与方法

1.3.1 农艺性状 选取成熟期健康植株作为样本,每个处理随机选取 5 株进行农艺性状指标测定,包括株高,有效分支高度、主花序长度、分枝数及角果数^[10]。

1.3.2 产量性状 采用分层取样法在单株上、中、下部位采集 100 个成熟角果,经脱粒处理后统计每角粒数。采用小区实收测产法,通过测量收获面积计算产量。

1.3.3 品质性状 采用傅里叶变换近红外光谱技术,试验仪器配备镀金积分球,样品旋转器和石英样品杯等组件,设置光谱采集参数为 $12\ 000 \sim 4\ 000 \text{ cm}^{-1}$,分辨率 8 cm^{-1} ,扫描次数 64 次,室温 $26 \sim 27^\circ\text{C}$,利用 OPUS7.0 软件建立光谱与品质指标(含油量、硫苷、芥酸及蛋白质含量)的定量分析模型^[11]。

1.4 数据分析

利用 Microsoft Excel 2003、SPSS 25 与 Origin 2019 进行数据统计分析与图表制作。

2 结果与分析

2.1 密度对农艺性状的影响

由表 1 可知,不同密度处理对润普丰的农艺性状产生调控效应。在 D1 到 D7 的种植密度范围内,其农艺性状总体呈现为先升高后下降的趋势。株高与有效分枝高度在 D4 处理下最高,为 172.6 cm 和 63.3 cm,分别较 D1 处理增加 7.1% 和 10.1%;分枝数与全株有效角果数随密度增加呈显著正相关,于 D5 处理下达到极值,分别为 7 个和 410 个,随后开始衰减,显示群体结构存在临界密度阈值;千粒重及角粒数在 D3 处理下达到极值,分别为 5.6 g 和 22.5 个,随后随密度增加分别降低了 46.4% 和 18.7%,表明适度密植有利于光合产物的平衡分配^[12];值得注意的是,主花序有效长度指标未呈现显著密度相关性,最大值为 D6 处理 62.8 cm, D7 较 D1 处理指标下降了 4.5%,与向薇薇^[13]等人的研究结果相似。通过以上数据表明,农艺性状大部分指标受密度影响,分别在 D3-D5 密度区间获得极值。

表 1 不同密度水平润普丰的植物学性状

处理	株高 /cm	有效分枝高度 /cm	主花序有效长度 /cm	分枝数 /个	全株有效角果数 /个	千粒重 /g	角粒数 /个
D1	161.2±12.58f	57.5±3.77d	62.4±6.02ab	5.8±0.98d	264.6±45.34h	3.5±4.35e	20.5±2.25b
D2	161.3±4.22f	56.6±11.66e	62.1±2.27b	5.8±0.49d	361.4±18.05d	4.1±1.35c	20.3±1.95b
D3	163.7±7.62e	57±14.43d	57.1±9.13e	6.0±0.63c	339.6±76.86f	5.6±2.11a	22.5±2.46a
D4	172.6±7.89b	63.3±7.95b	59.1±6.17d	6.4±0.80b	341.8±56.3e	3.1±4.02f	19.5±2.01c
D5	169.9±5.75c	52.0±14.30g	61.8±3.05b	7.0±1.10a	410.0±42.2a	4.5±4.35b	20.5±1.05b
D6	165.6±8.17d	53.1±8.25f	62.8±6.61a	6.0±1.10c	383.2±90.02b	3.8±1.22d	18.2±1.75d
D7	165.7±7.77d	58.2±8.01c	59.6±2.58c	6.4±1.36b	328.4±119.77g	4.5±3.15b	18.8±1.83d

注:表中数据均为平均值±标准差,同列不同字母表示处理间差异达到显著水平 $p<0.05$ 。

2.2 密度对产量性状的影响

由图 1 可知,不同密度处理对润普丰的产量具有显著调控效应。产量随着密度的增加而提高,但随着种植密度的进一步提高,产量明显下降。D3 密度处理下产量最高,达 3 619.35 kg/hm²,比同密度处理下的对照品种泮油 737 增产 8.31%;而当密度提升至 D6 处理时,产量降至 2 663.4 kg/hm²,较同密度处理下的对照品种泮油 737 减产 9.69%。值得注意的是,润普丰在 D2-D4 密度区间表现突出,其平均产量达 3 295.2 kg/hm²,较对照品种增产 5.22%,该结果与农艺性状最优区间 D3-D5 存在部分重叠。对照品种泮油 737 则呈现不同响应模式,其产量极值出现在 D1 处理(3 521.25 kg/hm²),且在 D2 处理即出现 21.6% 的显著衰减,表明润普丰具有更宽的适宜密度生态幅。综合产

量构成要素与农艺性状指标动态,D2-D5 密度区间可作为该品种品质指标重点观察区间^[14]。

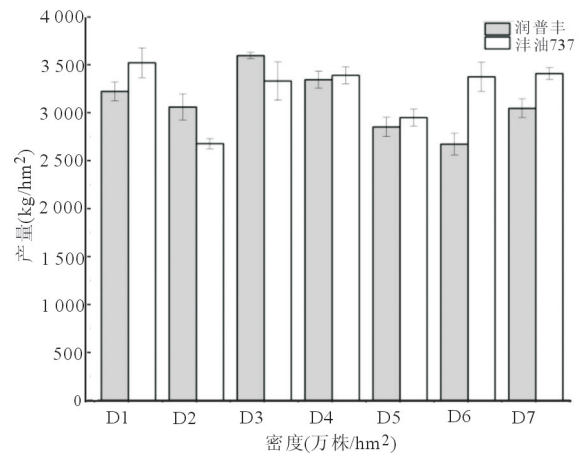


图 1 不同密度水平润普丰的产量

表 2 润普丰产量方差分析

润普丰	平方和	自由度	均方	F	显著性
组间	1 704 100.076	6	284 016.679	28.783	0.009
组内	138 146.972	14	9 867.641		
总计	1 842 247.047	20			

润普丰产量方差分析结果(表 2)表明,组间产量有显著差异($p<0.05$),说明试验重复间地力条件和管理上是一致的,处理间的差异是由种植密度不同所造成的。

2.3 密度对品质性状的影响

由表 3 可知,不同密度处理对润普丰品质性状的调控呈现选择性影响特征。含油量指标在 D4 处理达到峰值 46.70% 后呈现平台期效应,D4-D6 处理下含油量均值为 46.57%,较 D1 处理提升

5.58%。同时,硫苷、芥酸及蛋白质含量指标在密度梯度间未达显著差异水平,表明芥酸这类次生代谢产物合成路径对群体结构变化具有较强缓冲能力。值得注意的是,菌核病发病率与密度梯度呈极显著正相关,其中 D7 处理病株率达 3.96%,较 D3 处理 1.31% 升高 202.3%,数据表明,D3-D4 密度区间更有利于病害防控。通过品质、抗性综合评估,D2-D4 密度区间可同步实现含油量提升(均值 45.85%),病株率(均值 1.42%)与品质稳定性

维持。

表3 不同密度水平润普丰的品质性状

处理	含油量/%	硫苷(μmol/g)	芥酸/%	蛋白质/%	病株率/%
D1	44.23	33.22	0.99	21.50	2.56c
D2	44.28	30.74	0.80	22.07	1.52d
D3	45.00	33.80	1.11	22.67	1.31d
D4	46.70	26.65	1.04	21.14	1.42d
D5	46.35	27.91	0.73	21.20	2.81b
D6	46.66	30.32	0.95	20.54	2.90b
D7	44.88	25.19	1.02	21.63	3.96a

注:同列不同字母表示处理间差异达到显著水平 $p < 0.05$ 。

3 讨论与结论

种植密度研究是油菜高产栽培的关键技术之一,其通过协调个体发育与群体间的动态平衡直接影响产量与质量。田间观测表明,低密度条件下单株的分支与角果发育良好,高密度群体虽能增加单位面积株数^[15],但过度密植会导致个体营养竞争加剧,诱发冻害、倒伏等问题,反而降低群体生产力^[16],因此,确定品种最适密度区间对实现产量与品质协同提升具有重要实践价值。

润普丰农艺性状在中低密度(D2-D4)条件下,主花序形态优势显著,其角果数与角果长度同步提升,印证了主花序优势结构对光资源竞争相应的生物学机制。同时,低密度(D1-D2)与高密度(D6-D7)组群区间农艺性状差异达显著差异水平,这与王学芳等人研究一致^[17];润普丰产量随着密度增加呈现先升后降趋势,这可能是由于个体生长资源竞争压力超过个体自我调节能力,器官光合和物质转运能力降低,数量优势转化为质量劣势,导致群体产量随密度增加而增加,到达极值后开始下降^[18]。中高密度角果数虽较高,但角粒数和千粒重有所下降,因此最终导致群体产量未呈现线性增长^[17];同时,合理的种植密度能够保证菜籽的品质。有研究表明,通过改变种植密度减少弱光对果实光合碳代谢的抑制,从而缓解弱光胁迫下产油量的损失^[19];本研究中,油菜籽含油量在D4达到极值,这可能与适度密植改善冠层透光率等生理效应密切相关。而同密度下的硫苷、芥酸和蛋白质等品质指标含量未呈现显著密度响应,表明这些性状可能主要受品种遗传特性调控。这与郑本川^[20],吴永成^[3]等人研究结果一致;在抗病性方面,菌核病发病率随密度变化呈现抛物线趋势,这源于密度调控对田间微环境的影响,适宜的种植密度可增加行间通风量30%~40%^[21],有效抑制病原孢子的

传播和侵染。文献数据表明,菌核病造成的产量损失通常可达10%~70%^[22],控制菌核病在油菜生长周期中的影响对油菜产量意义重大。袁卫红^[23]等研究表明:18~24万株/hm²密度种植油菜时通风透光性好,可有效降低双低油菜菌核病的发生,提高植株的抗病性。因此,通过优化密度可有效控制油菜菌核病的发生,降低菌核病造成的产量损失,为品质提供保障^[24]。

综合农艺性状、产量和品质指标,润普丰在汉中地区的适宜播种密度应该在27~36万株/hm²之间,在该密度范围内种植可以通过各项协同机制实现增产提质,同时也有利于机械化收获。

参 考 文 献:

[1] 蒯婕,王积军,左青松,等.长江流域直播油菜密植效应及其机理研究进展[J].中国农业科学,2018,51(24):4625-4632.

[2] 曹永红,张智,李殿荣,等.种植密度对秦优7号农艺性状、产量及品质的影响[J].江西农业学报,2014,26(2):13-15.

[3] 吴永成,徐亚丽,彭海浪,等.播期及种植密度对直播油菜农艺性状和产量品质的影响[J].西南农业学报,2015,28(2):534-538.

[4] 李迎春,刘念,朱燕,等.不同播种密度处理对双低油菜菌核病发病率及产量的影响[J].湖北农业科学,2023,62(S1):26-30.

[5] ZHOU C, HUANG Y, JIA B, et al. Optimization of nitrogen rate and planting density for improving the grain yield of different rice genotypes in Northeast China [J]. Agronomy, 2019, 9(9): 555.

[6] 贺继奎.油菜品种适应超高密度种植的机制及调控研究[D].荆州:长江大学,2023.

[7] 贺继奎,程勇,何泽威,等.油菜对超高密度直播的响应与产量构成性状分析[J].中国油料作物学报,2022,46(2):334-340.

(下转第88页)