

Correlations among Direct Seeding Density and Plant Traits and Quality Traits of Rapeseed

Jixian Zhao, Tingbo Ren, Xianglai Dai, Yang Xiang, Guoping Cheng

Guizhou Rapeseed Institute, Sinan Guizhou
Email: zhaojx7121271@163.com

Received: Jul. 6th, 2018; accepted: Jul. 23rd, 2018; published: Jul. 30th, 2018

Abstract

Objective: To study the correlation between the direct seeding density of rapeseed and its yield, plant traits and quality traits. **Methods:** To examine the density, plant yield, plant height, 1000 grain weight, seed number per pod, length of main inflorescence, pod number per plant, effective branch height, the primary branch number, main inflorescence length of the 648 new hybrid combinations of *Brassica napus*.; meanwhile, we identified the content for glucosinolate, oil, seed protein, oleic acid, linolenic acid, palmitic acid, stearic acid and eicosenoic acid. **Result:** The direct seeding density of the maximum yield from each hectare was 0.460833 million. The pods of main inflorescence account for more than 3/5 of total number of pods per plant. The data showed the significant positive correlation between the effective branch height and the direct seeding density (0.1800**), furthermore, the significant negatively correlations were detected between the direct seeding density and the plant height (-0.2830**), pod length of the main inflorescence (-0.4401**), the primary branch number (-0.3731**), pod number per plant (-0.4312**), plant yield (-0.4526**), seed number per pod (-0.1269**), length of main inflorescence (-0.1204**) and the harvest index (-0.20298), however, the correlation between the 1000 grain weight and the direct seeding density was not significant; similarly, protein (0.5657), linoleic acid (0.2414**), linolenic acid (0.2414**) and eicosenoic acid (0.2135**) was positively correlated with yield, respectively, the oil content (-0.3719**) and oleic acid (-0.2371**) were significantly negatively correlated with the yield, and no significant difference was not detected between glucosinolates (-0.0462), stearic acid (0.0247) and palmitic acid (-0.0253). **Conclusion:** The oil content, oleic acid content decreased with the increase of yield, while the protein content, linoleic acid, linolenic acid and eicosenoic acid showed an increasing trend. The effective branch height increased with the increase of direct seeding density, but the plant height and yield per plant decreased, while the length of main inflorescence and pod length on main inflorescence were shorter, the number of primary branches, pod number per plant and seed number per pod decreased.

Keywords

Brassica napus, Density, Quality Traits, Plant Traits, Correlate Analysis

甘蓝型杂交油菜直播密度及其与植株性状、品质性状间的相关性

赵继献, 任廷波, 戴祥来, 向阳, 程国平

贵州省油菜研究所, 贵州 思南

Email: zhaojx7121271@163.com

收稿日期: 2018年7月6日; 录用日期: 2018年7月23日; 发布日期: 2018年7月30日

摘要

目的: 为了研究直播油菜密度及其与产量、植株性状、品质性状的相关关系。方法: 通过考查648个甘蓝型杂交油菜新组合的密度、单株产量、株高、千粒重、角粒数、主花序角果长度、单株角果数、有效分枝位、一次分枝数、主序长度, 并分析各组合的硫苷、含油率、种子蛋白质、油酸、亚油酸、亚麻酸、棕榈酸、硬脂酸、二十碳烯酸9个性状。结果: 直播油菜获得最高产量的密度为46.0833万株/hm²。主花序角果数占单株角果数的3/5以上。直播油菜的有效分枝部位(0.1800**)与密度间呈极显著正相关, 株高(-0.2830**)、主序长(-0.4401**)、一次分枝数(-0.3731**)、单株角果数(-0.4312**)、单株产量(-0.4526**)、角粒数(-0.1269**)、主花序角果长度(-0.1204**)与密度间均呈极显著负相关, 千粒重(-0.0554)与密度间的相关未达到显著水平, 收获指数(-0.20298)与密度间呈极显著负相关。含油率(-0.3719**)、油酸(-0.2371**)与产量呈极显著负相关, 蛋白质(0.5657)、亚油酸(0.2168**)、亚麻酸(0.2414**)、二十碳烯酸(0.2135**)与产量呈极显著正相关, 硫苷(-0.0462)、硬脂酸(0.0247)、棕榈酸(-0.0253)与产量间的相关均未达到显著水平。结论: 提高甘蓝型杂交油菜的产量, 油菜籽的含油率、油酸含量降低, 种子蛋白质、亚油酸、亚麻酸、二十碳烯酸含量增加。增加密度, 有效分枝部位增高, 株高和单株产量降低、主花序和主花序角果长度变短、一次分枝数、单株角果数、角粒数减少。

关键词

甘蓝型油菜, 密度, 品质性状, 植株性状, 相关分析

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

油菜是我国长江流域最主要的油料作物, 年种植面积与总产量分别占全国的 80%以上和世界的四分之一左右, 高于欧洲和加拿大[1]。随着农村劳动力转移和工业化、城镇化的发展, 以育苗移栽和人工作业为主的传统生产方式是油菜生产成本高(尤其是人工成本)、比较效益低的重要原因。现阶段我国油菜生产的同比效益下滑远大于水稻、小麦等粮食作物, 其主因是油菜栽培费工费时, 如传统的育苗移栽, 油菜从种到收需要 12~13 个工[2], 制约油菜产业的发展。因此, 油菜节本增效轻简化栽培技术得到高度重视, 直播栽培油菜比传统的育苗移栽油菜具有根系发达, 抗旱、抗倒伏能力强, 省时省工等优点, 节本增效。关于油菜轻简化配套栽培技术的研究, 直播密度对油菜产量影响的研究报道较多[3]-[29], 这些密度研究

基于某个具体品种和设定密度的选优, 有其局限性。本文以多个甘蓝型杂交油菜组合为材料, 研究直播油菜密度对产量的影响、密度对植株性状和品质性状的影响, 提高产量对品质性状的影响, 以期为油菜轻简化配套栽培技术研究提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 供试材料

供试材料为贵州省油菜研究所 2015 年度花期所配制的 649 个甘蓝型油菜隐性细胞核两系、三系杂交油菜新组合。试验地位于贵州省思南县塘头镇油科所机场坝(108°11'470"E, 27°44'551"N), 海拔 398 m, 土壤类型为沙壤潮泥, 年降雨量 1140 mm、年蒸发量 750 mm、年均温度 17.5℃、有效积温 5300℃、无霜期 290 天、肥力中等、排灌方便等。本试验年度的气象因子如表 1, 9~5 月总降雨量为 870.8 mm, 总日照时数为 470.7 小时, 气温平均为 15.04℃, 本试验年度 12~2 月份气温低、降雨量少、日照时数少, 导致本年度油菜长势相对较差。

2.2. 试验方法

试验于 2015~2016 年在思南县塘头镇机场坝科研基地上进行。试验田前茬为水稻, 肥力均匀中等偏上。油菜于 2015 年 10 月 17 日直播, 每个杂交组合播种 2 行, 行长 6.2 m, 行距 50 cm, 小区面积 6.2 m²。每个组合定量播种 4.5 g, 播前每小区施用西洋复合肥(N:P:K = 15:15:15) 500 g (折合每 hm² 施西洋复合肥 806.89 kg), 先开沟, 后施肥, 施肥后再松土 1 次, 使肥土拌匀, 每行播 30 穴。全生育期不中耕、不除草、不匀苗定苗间苗。成熟收获前, 调查全试验各小区的实有收获株数, 2016 年 5 月 24 日收获。实收小区产量晒干折单产。

2.3. 性状调查

成熟收获前, 每个杂交组合取行中间具有代表性的 20 个植株, 挂于考种室自然风干后进行考种。考种性状包括株高、有效分枝位、一次分枝数、主序长度、分枝角果数、主花序有效角果数、角果长、千粒重、角粒数、单株角果数、单株产量、地上部生物产量(子叶节以上部位)。每株取主序上、中、下 3 个部位角果共 12 个, 每个组合共测量 240 个角果长。角粒数用单株产量折算, 角粒数 = [单株产量/(单株角果数 × 千粒重)] × 1000。每组合取 5 g 种子, 用 FOSS-NIR systems 5000 近红外光谱仪(美国产)及 win[S] 软件系统测试分析油菜籽品质性状, 分析性状为芥酸、硫苷、含油率、种子蛋白质、油酸、亚油酸、亚麻酸、棕榈酸、硬脂酸、二十碳烯酸。

Table 1. The average temperature, precipitation, sunshine hours of one moon in the test

表 1. 本试验年度月平均气温、月降水量、月日照时数

年份	月份	月平均气温(℃)	月降水量(mm)	月日照时数(小时)
2015	9	23.2	117.1	36.8
2015	10	20.0	75.1	101.4
2015	11	14.2	45.5	24.8
2015	12	8.4	66.8	13.1
2016	1	6.9	35.4	4.3
2016	2	9.5	10.9	86.4
2016	3	13.4	149.3	60.3
2016	4	18.4	139.6	59.2
2016	5	21.4	231.1	84.4

2.4. 统计分析

试验数据用 DPS v3.01 专业版及 Excel 2003 软件进行数据统计及分析。

3. 结果与分析

3.1. 直播甘蓝型杂交油菜植株性状和品质性状表现

参试甘蓝型杂交油菜直播的植株性状表现如表 2, 从表中可看出, 10 个植株性状中, 单株产量和单株角果数的变异系数最大, 分别为 39.61% 和 36.72%; 其次是一次分枝数和主花序角果数, 分别为 23.43% 和 20.28%; 其余 6 个性状(株高、有效分枝位、主序长、主花序角果长度、千粒重、角粒数)的变异系数均在 15% 以下, 以有效分枝部位高的变异系数最小, 为 8.40%。变异系数大, 受环境因素的影响大, 变异系数小, 受环境因素的影响小。648 个甘蓝型杂交油菜组合(剔除 1 个与品质性状不匹配的组合)平均株高为 146.37 cm (不足 150 cm)、有效分枝部位高 92.71 cm、一次分枝数 3.10 个、主序长 45.65 cm、主花序角果长 6.46 cm、主花序角果数 42.25 角、千粒重 4.01 g、角粒数 15.80 粒、单株重量 4.36 g。主花序角果数占单株角果数的 61.30%, 占 3/5, 是群体产量的重要组成部分。

参试甘蓝型杂交油菜组合的品质性状表现如表 3, 在 10 个品质性状中, 芥酸和甘碳烯酸的变异系数较大, 分别为 20.75% 和 30.85%, 其次是硫苷和硬脂酸, 分别为 13.76% 和 11.67%, 其余 6 个品质性状的变异系数在 10% 以下, 以棕榈酸变异系数最小, 为 3.18%。含油率变异系数较小, 为 4.85%, 说明所配杂交油菜组合的含油率整体水平较高, 平均为 49.62%。648 个杂交油菜组合的平均芥酸为 0.98%、硫苷为 28.67 $\mu\text{mol/g}$ ·饼、种子蛋白质 19.90%、棕榈酸 4.83%、硬脂酸 0.84%、油酸 68.15%、亚油酸 16.09%、亚麻酸 6.85%、甘碳烯酸 2.88%。不饱和脂肪酸总量(油酸 + 亚油酸 + 亚麻酸) 91.09%, 油酸:亚油酸:亚麻酸为 9.95:2.35:1。说明甘蓝型优质杂交油菜的不饱和脂肪酸总量较高, 组成比例较合理。

Table 2. The plant characters of hybrid rapeseed by direct seeding

表 2. 直播甘蓝型杂交油菜的植株性状表现

性状	株高(cm)	有效分枝位 (cm)	主序长(cm)	一次分枝 数 (个/株)	单株角果数 (角/株)	主花序 角果长度 (cm)	千粒重 (g)	角粒数 (粒/角)	主花序 角果数 (角/株)	单株产量 (g)
变幅	103.0~195.35	51.33~124.79	28.00~66.65	1.00~5.64	25.45~179.26	4.72~8.65	2.87~5.13	8.29~25.06	11.50~69.30	1.50~13.18
平均值	146.37	92.71	45.65	3.10	68.92	6.46	4.01	15.80	42.25	4.36
标准差	14.11	7.79	6.45	0.73	25.31	0.74	0.37	1.94	8.57	1.73
变异系数 (%)	9.64	8.40	14.13	23.43	36.72	11.44	9.10	12.27	20.28	39.61

Table 3. The quality character of hybrid rapeseed by direct seeding

表 3. 直播甘蓝型杂交油菜的品质性状表现

性状	芥酸(%)	硫苷 ($\mu\text{mol/g}$ ·饼)	含油率 (%)	种子蛋白质 (%)	棕榈酸 (%)	硬脂酸 (%)	油酸(%)	亚油酸(%)	亚麻酸(%)	甘碳烯酸 (%)
变幅	0.33~1.81	19.05~51.03	41.30~55.14	15.34~24.78	4.25~5.30	0.54~1.18	46.09~77.43	13.50~20.21	4.75~8.65	0.63~7.56
平均值	0.98	28.67	49.62	19.90	4.83	0.84	68.15	16.09	6.85	2.88
标准差	0.20	3.95	2.41	1.58	0.15	0.10	4.40	1.16	0.63	0.89
变异系数 (%)	20.75	13.76	4.85	7.93	3.18	11.67	6.46	7.21	9.24	30.85

3.2. 密度与产量间的关系

把 648 个甘蓝型杂交油菜组合的密度与单产(kg/hm²)进行回归分析表明,密度与产量间呈一元二次抛物线关系,回归方程为: $Y = 641.3348 + 25.1615X - 0.2730X^2$ (相关系数 $r = 0.1983$; F 值 = 13.2186; 显著水平 $P = 0.0000$)。对方程求极值得出,获得最高产量的密度为 46.0833 万株/hm²,最高产量为 1221.10 kg/hm²。对 648 个甘蓝型杂交油菜组合的密度与对应产量进行统计分析表明(表 4),密度在 30~45 万株/hm²之间的平均产量最高,平均为 1229.66 kg/hm²,平均密度为 39.45 万株/hm²,低于理论值。与文献[30]的统计分析结果较为接近。综合分析表明,直播油菜的适宜密度为 37.5~45.0 万株/hm²。

3.3. 直播油菜植株性状与密度间的关系

将 649 个甘蓝型杂交油菜组合的植株性状与密度进行相关分析(表 5),结果表明,有效分枝部位(0.1800**)与密间呈极显著正相关,株高(-0.2830**)、主序长(-0.4401**)、一次分枝数(-0.3731**)、单株角果数(-0.4312**)、单株产量(-0.4526**)、角粒数(-0.1269**)、主花序角果长度(-0.1204**)与密度间均呈极显著负相关,千粒重(-0.05544)与密度间的相关未达到显著水平。在产量构成因素中,单株角果数(0.9181**)、角粒数(0.3616**)与单株产量均呈极显著正相关,千粒重(0.0468)与单株产量间的相关未达到显著水平;单株角果数与植株性状的株高(0.7134**)、主花序长(0.7466**)、一次分枝数(0.7630**)呈极显著正相关,角粒

Table 4. The yield change in different planting density of hybrid rapeseed by direct seeding

表 4. 不同密度下的产量变化

密度范围(万株/hm ²)	<30	30~45	45~60	60~75	≥75
平均密度(万株/hm ²)	25.75	39.45	52.35	65.23	78.51
产量(kg/hm ²)	988.35	1229.66	1195.54	1109.36	1009.53
样本数(个)	12	196	303	126	11
百分率(%)	1.85	30.25	46.76	19.44	1.70

Table 5. The correlation between plant characters and planting density of hybrid rapeseed by direct seeding

表 5. 直播油菜植株性状与密度间的相关关系

相关系数 (r)	株高(X ₁)	有效分位高 (X ₂)	一次分枝数 (X ₃)	主序长(X ₄)	主花序角果 长度(X ₅)	角粒数(X ₆)	千粒重(X ₇)	单株 角果数(X ₈)	单株产量(X ₉)	密度(Y)
X ₁	1.0000									
X ₂	0.5526	1.0000								
X ₃	0.4444	-0.1177	1.0000							
X ₄	0.8262	0.1365	0.4680	1.0000						
X ₅	0.1997	0.0575	-0.0246	0.3164	1.0000					
X ₆	0.2583	0.1803	0.0887	0.2322	0.4324	1.0000				
X ₇	-0.0232	0.0301	-0.1369**	0.0101	0.3815**	-0.1155**	1.0000			
X ₈	0.7134**	0.0312	0.7630**	0.7466**	0.0076	0.0810	-0.1590**	1.0000		
X ₉	0.7461**	0.0925	0.7065**	0.7805**	0.2347**	0.3616**	0.0468	0.9181**	1.0000	
Y	-0.2830**	0.1800**	-0.3731**	-0.4401**	-0.1204**	-0.1269**	-0.0554	-0.4312**	-0.4526**	1.0000
显著水平 P	0	0	0	0	0.00212	0.00119	0.1583	0	0	0

注: $n = 649$, $r_{(0.05)} = 0.07683$, $r_{(0.01)} = 0.1022$, $r_{(0.005)} = 0.1097$, $r_{(0.001)} = 0.1283$ 。**表示 1%显著水平, *表示 5%显著水平; 显著水平为各性状与目标性状(Y)相关系数的显著性, 下同。

数与植株性状的株高(0.2583^{**})、有效分枝部位(0.1803^{**})、主花序长(0.2322)、主花序角果长度(0.4324^{**})呈极显著正相关,千粒重与主花序角果长度(0.3815^{**})呈极显著正相关、与一次分枝数(-0.1369^{**})呈极显著负相关。

本试验条件下,平均密度为 50.88 万株/hm²,变幅 20.98~81.33 万株/hm²,变异系数 21.65%。在此条件下,直播油菜的株高(0.7461^{**})、有效分枝部位高(0.0925^{*})、一次分枝数(0.7065^{**})、主序长(0.7805^{**})、主花序角果长度(0.2347^{**})、角粒数(0.3616^{**})、单株角果数(0.9181^{**})均与单株产量呈显著或极显著正相关,仅有千粒重与单株产量间(0.0468)的相关未达到显著水平。

将植株各性状与密度间分别进行回归分析表明(表 6),直播油菜由于密度较大,除千粒重外,植株各性状均发生显著变化,呈直线性响应,收获指数与密度间呈极显著负相关。

3.4. 直播油菜品质性状与密度间的关系

将 648 个甘蓝型杂交油菜组合的品质性状与密度进行相关分析表明(表 7),含油率、油酸与密度间呈极显著正相关,种子蛋白质、亚油酸、亚麻酸、二十碳烯酸与密度间均呈极显著负相关,芥酸、棕榈酸、硬脂酸与密度间的相关未达到显著水平,硫苷与密度间呈显著负相关。含油率与蛋白质、亚油酸、亚麻酸、二十碳烯酸均呈极显著负相关,油酸与亚油酸、亚麻酸、二十碳烯酸均极显著负相关,芥酸与油酸呈极显著负相关,高芥酸材料的油酸含量较低,硫苷与油酸呈极显著负相关、与亚油酸、亚麻酸均呈极显著正相关,芥酸与不饱和脂肪酸总量呈极显著负相关相关($y = 95.9556 - 4.9120X$, $F = 648.6704$, $r = 0.2434$, 显著水平 $P = 0.0000$),硫苷与不饱和脂肪酸总量呈极显著负相关相关($Y = 95.5612 - 0.1561X$; 相关系数 $r = 0.1498$; F 值 = 14.8308; 显著水平 $P = 0.0001$),硫苷与脂蛋总量呈极显著负相关($Y = 71.4677 - 6.8007 \times 10^{-2} X$; 相关系数 $r = 0.1465$; F 值 = 14.1594, 显著水平 $P = 0.0002$)。进一步说明了优质油菜育种的重要性。将品质性状与密度间分别进行回归分析表明(表 8),更进一步明确了直播油菜品质性状与密度间呈直线相关关系。

3.5. 直播油菜品质性状与产量间的关系

直播油菜品质性状与产量间的相关关系如表 9,从表中可看出,芥酸、含油率、油酸、不饱和脂肪

Table 6. The response relationship between plant characters and planting density of hybrid rapeseed by direct seeding
表 6. 直播油菜植株性状与密度的响应关系

性状	回归方程	相关系数(R)	F 值	回归方程显著水平
单株分枝数	$Y = 4.3457 - 2.4509 \times 10^{-3} X_1$	0.3731	104.6064	0.0000
主序角果长	$Y = 6.8703 - 8.0725 \times 10^{-3} X_1$	0.1204	9.5209	0.0021
株高	$Y = 164.7655 - 0.3615 X_1$	0.2830	56.3484	0.0000
收获指数	$Y = 77.7897 - 1.1965 X_1$	0.2030	27.7582	0.0000
角粒数	$Y = 16.93678 - 2.2270 \times 10^{-2} X_1$	0.1269	10.5957	0.0012
单株产量	$Y = 7.9597 - 7.0739 \times 10^{-2} X_1$	0.4526	166.6835	0.0000
千粒重	$Y = 4.1075 - 1.8340 \times 10^{-3} X_1$	0.0555	1.9951	0.1583
主花序角果长度	$Y = 6.8703 - 8.0725 \times 10^{-3} X_1$	0.1204	9.5209	0.0021
有效分枝部位高	$Y = 86.2368 + 0.1270 X_1$	0.1800	21.6735	0.0000
主花序长	$Y = 58.7555 - 0.2572 X_1$	0.4401	155.4342	0.0000
单株角果数	$Y = 119.1719 - 0.9875 X_1$	0.4312	147.7386	0.0000

Table 7. The correlation between quality characters and planting density of hybrid rapeseed by direct seeding
表 7. 直播油菜品质性状与密度间的关系

相关系数	芥酸(X_1)	硫苷(X_2)	含油率(X_3)	种子蛋白质(X_4)	棕榈酸(X_5)	硬脂酸(X_6)	油酸(X_7)	亚油酸(X_8)	亚麻酸(X_9)	二十碳烯酸(X_{10})	密度(Y)
X_1	1.0000										
X_2	0.3112	1.0000									
X_3	0.2891	-0.041	1.0000								
X_4	-0.4364	-0.1075	-0.6487	1.0000							
X_5	0.0655	0.2146	0.0195	-0.1614	1.0000						
X_6	0.0865	-0.1957	0.3427	-0.0087	-0.0101	1.0000					
X_7	-0.1490	-0.2154	0.6878	-0.3661	-0.0563	0.2911	1.0000				
X_8	-0.2299	0.2053	-0.1664	0.3321	0.6595	0.1744	-0.2018	1.0000			
X_9	-0.1242	0.1487	-0.3054	0.4009	0.2135	0.1600	-0.5426	0.5934	1.0000		
X_{10}	0.2919	0.0382	-0.3337	0.2639	-0.1751	-0.0533	-0.7271	-0.1346	0.2974	1.0000	-
Y	0.0132	-0.0909	0.2148**	-0.2945**	0.0453	-0.0468	0.2813**	-0.1049**	-0.3048**	-0.2345**	1.0000
显著水平 P	0.7383	0.0207	0	0	0.2494	0.2338	0	0.0075	0	0	0

注: $n = 649$, $r_{(0.05)} = 0.07683$, $r_{(0.01)} = 0.1022$, $r_{(0.005)} = 0.1097$, $r_{(0.001)} = 0.1283$ 。

Table 8. The response relationship between quality characters and planting density of hybrid rapeseed by direct seeding ($n = 648$)
表 8. 直播油菜品质性状与密度的响应关系($n = 648$)

性状	回归方程	相关系数(R)	回归方程显著水平
芥酸	$Y = 0.9704 + 2.4294 \times 10^{-4}X_1$	0.0132	0.7382
硫苷	$Y = 30.3270 - 3.2495 \times 10^{-2}X_1$	0.0909	0.0207
含油率	$Y = 47.2312 + 4.6850 \times 10^{-2}X_1$	0.2148	0.0000
蛋白质	$Y = 22.0455 - 4.2113 \times 10^{-2}X_1$	0.2945	0.0000
棕榈酸	$Y = 4.7930 + 6.2892 \times 10^{-4}X_1$	0.0453	0.2494
硬脂酸	$Y = 0.8597 - 4.1509 \times 10^{-4}X_1$	0.0468	0.2338
油酸	$Y = 62.4345 + 0.1122X_1$	0.2813	0.0000
亚油酸	$Y = 16.6461 - 1.1021 \times 10^{-2}X_1$	0.1049	0.0075
亚麻酸	$Y = 7.7413 - 1.7478 \times 10^{-2}X_1$	0.3048	0.0000
二十碳烯酸	$Y = 3.8386 - 1.8868 \times 10^{-2}X_1$	0.2345	0.0000
不饱和脂肪酸总量	$Y = 86.8208 + 8.3743 \times 10^{-2}X_1$	0.2247	0.0000

酸总量与产量呈极显著负相关, 蛋白质、亚油酸、亚麻酸、二十碳烯酸与产量呈极显著正相关, 硫苷、硬脂酸、棕榈酸与产量间的相关均未达到显著水平。说明直播油菜由于密度增大, 商品籽的芥酸、含油率、油酸含量显著降低, 蛋白质、亚油酸、亚麻酸、二十碳烯酸含量显著增加。

4. 小结与讨论

4.1. 甘蓝型杂交油菜直播获得最高产量的密度及密度对植株性状的影响

本研究表明, 直播油菜产量与密度间呈一元二次抛物线关系, $Y = 641.3348 + 25.1615X - 0.2730X^2$,

Table 9. The correlation between yield and quality characters of hybrid rapeseed by direct seeding
表 9. 直播油菜品质性状与产量间的关系

相关系数	芥酸(X_1)	硫苷(X_2)	含油率(X_3)	种子蛋白质(X_4)	棕榈酸(X_5)	硬脂酸(X_6)	油酸(X_7)	亚油酸(X_8)	亚麻酸(X_9)	二十碳烯酸(X_{10})	不饱和脂肪酸总量(X_{11})	产量 Y
X_1	1											
X_2	0.3112	1										
X_3	0.2891	-0.041	1									
X_4	-0.4364	-0.1075	-0.6487	1								
X_5	0.0655	0.2146	0.0195	-0.1614	1							
X_6	0.0865	-0.1957	0.3427	-0.0087	-0.0101	1						
X_7	-0.149	-0.2154	0.6878	-0.3661	-0.0563	0.2911	1					
X_8	-0.2299	0.2053	-0.1664	0.3321	0.6595	0.1744	-0.2018	1				
X_9	-0.1242	0.1487	-0.3054	0.4009	0.2135	0.1600	-0.5426	0.5934	1			
X_{10}	0.2919	0.0382	-0.3337	0.2639	-0.1751	-0.0533	-0.7271	-0.1346	0.2974	1		
X_{11}	-0.2434	-0.1498	0.6424	-0.2366	0.1585	0.3854	0.9301	0.1572	-0.2597	-0.7705	1	
Y	-0.2352**	-0.0462	-0.3719**	0.5657**	-0.0253	0.0247	-0.2371**	0.2168**	0.2414**	0.2135**	-0.1555**	1
显著水平 P	0	0.2401	0	0	0.521	0.5307	0	0	0	0	0.0000	0

注: $n = 648$, $r(0.05) = 0.07683$, $r_{(0.01)} = 0.1022$, $r_{(0.005)} = 0.1097$, $r_{(0.001)} = 0.1283$; 产量为 kg/hm^2

获得最高产量的密度为 46.0833 万株/ hm^2 。随着密度的增加,有效分枝部位增高,株高和单株产量降低、主花序长和主花序角果长度变短、一次分枝数、单株角果数、角粒数减少,并且影响均达到极显著水平。随着农村劳动力的大量转移,油菜的节本增效技术得到高度重视。关于直播油菜密度对产量影响的研究报道较多[3]-[29],不同的试验由于选用的品种、试验设计(密度水平)、底肥施用情况、播种期不同,得出高产的密度不同,差异较大,且都是试验设计水平范围内的选优。本研究通过调查杂交油菜组合(648个)观察试验中各组合的实际收获株数和相应组合产量,将密度与产量作回归分析,对所得回归方程求极值,得出获得最高产量的密度,较为科学合理。综合分析表明,直播油菜的适宜密度为 37.5~45.0 万株/ hm^2 。

4.2. 提高甘蓝型杂交油菜产量对油菜籽品质性状的影响

本研究表明,提高甘蓝型杂交油菜的产量,油菜籽的含油率、油酸含量极显著降低,种子蛋白质、亚油酸、亚麻酸、二十碳烯酸含量极显著增加,不饱和脂肪酸总量极显著降低。关于提高产量对油菜籽品质性状的影响已有研究报道[31],由于样本少,得出的产量与油菜籽品质性状间的关系不明确,且在不同品种间的表现不一致。芥酸与不饱和脂肪酸总量呈极显著负相关相关(-0.2434),硫苷与不饱和脂肪酸总量呈极显著负相关相关(-0.1498),进一步说明了优质油菜育种的重要性。

4.3. 直播条件下,甘蓝型杂交油菜植株性状与单株产量间的关系

移栽条件下,研究油菜植株性状与单株产量间的关系是比较多的。但是在直播条件下,运用大量数据($n = 648$)研究甘蓝型杂交油菜植株性状与单株产量间的关系未见报道。本研究表明,直播油菜的株高、有效分枝部位高、一次分枝数、主序长、主花序角果长度、角粒数、单株角果数均与单株产量呈显著或极显著正相关,仅有千粒重与单株产量间的相关未达到显著水平。主花序角果数占单株角果数的 61.30%,占 3/5,远高于移栽油菜主花序角果数占单株角果数的 14.32% [32]。增加群体密度,收获指数降低。

4.4. 直播甘蓝型油菜产量的变化

仅从密度对直播甘蓝型油菜产量影响的研究[30]开始(1999年),直播油菜开展了19年。尽管施肥管理参照育苗移栽高产施肥标准进行,但是产量的变化较大,从900.00~4450.05 kg/hm²,平均产量普遍偏低,主要原因有:播种较晚、播时土壤墒情(干旱或田间湿度过大)影响、提苗肥施用不及时或者没有施用腊施、没有控制好杂草、冬季干旱时间较长、冬季阴雨时间较长温度低等因素的影响。调查表明,贵州和四川油菜生产仍然以育苗移栽为主,直播油菜主要在项目实施区和专业合作社。直播油菜要得到大面积的推广应用,首先要解决的是提高产量。

基金项目

国家重点研发计划子课题一油菜优异种质资源精准鉴定与创新利用(2016YFD0100202);贵州省现代农业产业技术体系建设项目“油菜产业技术体系建设”(GZCYTX2013-0802);贵州省农科院自主创新科研专项“高产优质高效油菜分子标记育种技术与新种质创新”[黔农科院自主创新科研专项字(2014)014号];贵州省科技计划项目“高油酸甘蓝型油菜种质创新及利用”[黔科合支撑(2016)2556号]。

参考文献

- [1] 陈照波,余建.我国油菜生产形势分析和科研对策研究[J].中国油料作物学报,2010,32(2):303-308.
- [2] 张春雷,李俊,余利平,等.油菜不同栽培方式的投入产出比较研究[J].中国油料作物学报,2010,32(1):57-64.
- [3] 张培杰,邹照裕,沈信元,洪永杰.免耕直播油菜的密度试验[J].浙江农业科学,2000(4):165-166.
- [4] 冷明珠,沈小明,王健儿.油菜浙油758免耕撒直播的密度试验[J].浙江农业科学,2001(5):252-253.
- [5] 袁卫红,黄世杰,周小萍,郭慧,袁赦香.赣油14号不同直播密度的产量比较[J].安徽农业科学,2002,30(1):20-21.
- [6] 袁卫红,刘尊文,黄世杰,袁秋香.直播密度对杂交油菜两优586产量的影响[J].江西农业科技,2002(2):29-30.
- [7] 袁卫红.直播密度对油菜产量、农艺性状及抗性的影响[J].江西农业学报,2008,20(10):37-38.
- [8] 张敏,张月华.浙北地区稻田免耕直播油菜的密度优化[J].浙江农业科学,2009(6):1139-1141.
- [9] 周安兴,傅志强,沈建凯,龙攀,高云娟,黄璜,朱飞翔.直播密度对油菜产量及农艺性状的影响[J].作物研究,2009,23(3):170-171.
- [10] 马霓,张春雷,李俊,李光明.种植密度对直播油菜结实期源库关系及产量的调节[J].中国油料作物学报,2009,31(2):180-184.
- [11] 袁卫红,刘宁.双低油菜机耕直播的密度试验[J].浙江农业科学,2009(5):933-934.
- [12] 徐洪志,廖淑梅,曾川,伊淑丽,黄涌,陈吉光,周先付.稻田免耕直播油菜三峡油3号的种植密度研究[J].作物杂志,2011(5):114-115.
- [13] 苏伟,鲁剑巍,周广生,李小坤,韩自航,雷海霞.免耕及直播密度对油菜生长、养分吸收和产量的影响[J].中国农业科学,2011,44(7):1519-1526.
- [14] 李孟良.不同密度对直播油菜生长及产量的影响[J].安徽科技学院学报,2011,25(1):23-26.
- [15] 李银水,余常兵,胡小加,谢立华,张树杰,车志,廖祥生,廖星.直播油菜密度对植株农艺性状和产量的影响[J].湖南农业科学,2012(15):22-25.
- [16] 杨德金.油菜全程机械化不同机直播密度试验研究[J].安徽农学通报,2012,18(24):67-68.
- [17] 史莉娜,杨霄,马晓丽,赵强,赵芬.油菜新品种秦优10号直播密度试验研究[J].现代农业科技,2012(16):11-12.
- [18] 陈阳琴,蒋富友,罗红剑,邓家琴,龚明州.密度对直播油菜产量与经济性状的影响[J].耕作与栽培,2013(2):27-31.
- [19] 刘唐兴,黄其良.直播密度对甘蓝型油菜农艺性状的影响[J].安徽农学通报,2014,20(18):50-51.
- [20] 杨光,冯云艳,张含笑,李胜男,朱庆洋,刘荣,左青松,冷锁虎.直播油菜种植密度与机械收获损失的关系[J].

中国油料作物学报, 2015, 37(6): 827-831.

- [21] 高家旭. 不同栽培密度对直播油菜产量及相关农艺性状的影响[J]. 农业与技术, 2015, 35(1): 55-56, 58.
- [22] 韩国先, 王志伟. 不同播种期、密度对直播油菜浙大 619 产量的影响[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(1): 54-55.
- [23] 尹羽丰, 白桂萍. 不同密度对华油杂 62 农艺性状及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(30): 60-61.
- [24] 陈丁, 贾红杰, 易小艳, 陈星余, 吴文跃, 黎方猛. 不同种植密度对直播油菜性状与产量的影响[J]. 南方农业, 2015, 9(31): 1-2.
- [25] 刘丽, 曾川, 徐洪志, 金良. 密度对免耕直播杂交油菜德新油 59 产量及主要性状的影响[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(8): 25-27.
- [26] 李迎春, 汤天泽, 刘念, 张体刚, 范其新, 陈军, 李芝凡. 四川盆地丘陵区不同直播密度对油菜农艺性状及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2016(9): 11-13.
- [27] 薛艳, 李英, 张成兵, 王风敏, 谌国鹏, 张勇, 梁效蓉. 栽培密度对机直播油菜汉油 8 号产量与抗病性的影响[J]. 湖南农业科学, 2016(7): 36-38.
- [28] 何顺民. 留苗密度对直播油菜产量及机械收获的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(18): 130-131.
- [29] 白桂萍, 尹羽丰, 谭永强, 唐雪辉. 不同栽培密度对油菜品种中双 11 号生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(4): 48-49.
- [30] Zhao, J., Dai, X. and Ren, T. (2017) Study on Direct Seeding Density of *Brassica napus*. *Agricultural Science & Technology*, **18**, 1860-1866.
- [31] 高志宏, 赵继献, 任廷波, 程国平. 甘蓝型优质杂交油菜产量与品质性状的相关分析[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(7): 73-77.
- [32] 赵继献, 朱文秀, 王华. 主要栽培因素对甘蓝型杂交油菜群体中各组成部分角数的影响[J]. 作物研究, 1999(4): 17-20.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org