

密度对双低油菜苏油 7 号产量与品质的影响

张建栋^{1,2}, 黄萌^{1,2}, 孙华^{1,2*}, 陈培峰¹, 宋英^{1,2}

(1. 江苏太湖地区农业科学研究所, 江苏苏州 215155; 2. 国家油菜产业技术体系苏州综合试验站, 江苏苏州 215155)

摘要 [目的] 研究不同密度对苏油 7 号产量和主要品质的影响。[方法] 通过田间试验, 研究密度对苏油 7 号产量、产量构成因素、有效角果数、有效分枝数、品质性状的影响。[结果] 随着密度的增加, 产量有先增后减的趋势, 密度间产量差异达极显著水平。低密度水平能显著增加单株有效角果数, 随着密度降低单株有效角果数减少, 单位面积角果数有先增后减的趋势; 不同密度对每角粒数和千粒重影响不大。因此, 高产主要取决于单位面积有效角果数。随着密度的增加, 主轴和一次分枝有效角果数有所减少, 二次分枝有效角果数和单株二次有效分枝数则显著减少。籽粒含油率和蛋白质含量随着密度增加而有所降低。[结论] 在该试验条件下, 为获得较高产量和保证双低品质, 苏油 7 号适宜密度为 13.5 万株/hm²。

关键词 油菜; 密度; 苏油 7 号; 产量; 品质

中图分类号 S634.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)35-0013-03

Effects of Density on Seed Yield and Quality of Double-low Rape Suyou 7

ZHANG Jian-dong^{1,2}, HUANG Meng^{1,2}, SUN Hua^{1,2*} et al (1. Institute of Agricultural Sciences in Taihu Region of Jiangsu Province, Suzhou, Jiangsu 215155; 2. Suzhou Comprehensive Experimental Station of China Rape Research System, Suzhou, Jiangsu 215155)

Abstract [Objective] To research the effects of density on seed yield and quality of double-low rape Suyou No. 7. [Method] Through field test, we researched the effects of density on the yield, yield component factor, effective pod number, effective branch number and quality character. [Result] With the increase of density, yield showed a tendency of first increase and the decrease, yields of rape under different planting densities had extremely significant differences. Low density significantly enhanced the effective pod number per plant. With the decrease of density, effective pod number per plant reduced, pod number per unit area firstly enhanced and then reduced. However, density had little impacts on seed number per pod and 1 000-grain weight. Therefore, high yield was mainly determined by effective pod number per unit area. With the increase of density, principal axis and effective pod number of primary branch reduced, effective pod number of secondary branch and effective branching number per plant significantly reduced. Seed oil content and protein content reduced with the increase of density. [Conclusion] Under the test condition, the proper planting density of Suyou 7 was 135 000 plants/hm² in order to obtain relatively high yield and to ensure the quality of double low.

Key words Rape; Density; Suyou 7; Yield; Quality

江苏太湖地区为国家冬油菜传统优势区, 常年油菜种植面积在 13.33 万 hm² 左右, 单产水平在全国位列前茅。苏油 7 号是江苏太湖地区农业科学研究所育成的双低甘蓝型油菜新品种, 于 2012 年通过江苏省品种审定, 具有产量高、品质优、抗倒性好、耐湿性好等特点^[1]。有关密度对油菜产量的影响的报道, 目前主要集中在不同油菜品种的适宜密度、不同密度水平对油菜产量及经济性状的影响, 有研究指出油菜高产的适宜密度因品种、农艺措施、土壤环境的不同而发生相应变化, 在油菜不同品种间, 适宜的密度水平对油菜的产量、经济性状及品质的影响均有不同的结论。针对苏油 7 号双低油菜新品种, 在保证优质的前提下, 筛选出适宜的密度水平, 从而协调高产与优质的关系, 笔者研究了不同密度水平对苏油 7 号产量与品质的影响, 为大面积推广应用苏油 7 号提供依据。

1 材料与与方法

1.1 试验材料 试验于 2015—2016 年在江苏太湖地区农业科学研究所试验田进行, 供试品种为苏油 7 号, 种子中芥酸含量为 0.49%, 饼粕中硫苷总量为 22.20 μmol/g。采取板田劈沟移栽方法。

1.2 试验方法 密度因子设 6 个处理水平, 分别为 M₁ (4.5 万株/hm²)、M₂ (7.5 万株/hm²)、M₃ (10.5 万株/hm²)、M₄ (13.5 万株/hm²)、M₅ (16.5 万株/hm²)、M₆ (19.5 万株/hm²)^[2]。试验小区采取随机排列, 重复 3 次, 共 18 个小区, 小区面积为 20 m², 四周设保护行。试验大田前茬为中熟晚粳稻, 土壤类型为黄泥土, 肥力中等且均匀, 小区间用沟系隔开。移栽时采取劈沟条栽, 移栽密度按试验方案执行。试验施用肥料为氮肥 (尿素, N 46%)、磷肥 (过磷酸钙, P₂O₅ 12%)、钾肥 (氯化钾, K₂O 60%), 氮、磷、钾施用配比为 1.0:0.4:0.6, 氮肥按肥料运筹基肥、苗肥、薹花肥为 4:2:4 的比例施用, 磷肥作基肥在移栽时施入, 苗肥于 1 月 12 日追施, 薹花肥于 3 月 14 日施入。大田在初花期防治菌核病 1 次, 于 5 月 25 日割倒, 5 月 28 日脱粒并区收核产。

1.3 取样考种 成熟时每小区随机抽取样本 10 株, 考察株高 (cm)、根颈粗 (cm)、有效分枝点高度 (cm)、一次有效分枝数、二次有效分枝数、主花序有效长度 (cm)、主花序有效角果数、全株角数、每角粒数、千粒重 (g)、单株产量 (g) 等性状, 收获后计算相应小区平均产量 (kg/20 m²) 并折合成每公顷产量 (kg)。

1.4 品质分析 收获的油菜种子混合后随机抽样, 种子含油率、蛋白质含量、芥酸含量、硫苷的分析由上海市农科院采用近红外光谱仪 (Foss, NIRSystem 5000) 协助测定^[3]。

1.5 数据分析 收获后对所得试验数据进行方差分析及新复极差法多重比较, 同时用 SPSS 10.0 统计分析软件进行辅

基金项目 农业部油菜产业技术体系项目 (CARS-13); 苏州市科技局农业科技自主创新工程 (SNG201507)。

作者简介 张建栋 (1971—), 男, 江苏常熟人, 助理研究员, 从事油菜育种与栽培研究。* 通讯作者, 研究员, 从事油菜育种与栽培研究。

收稿日期 2017-09-28

助分析。

2 结果与分析

2.1 不同密度对苏油7号产量的影响 由表1可知,密度13.5万株/hm²的处理产量最高,达3 246.67 kg/hm²;密度16.5万株/hm²的处理产量次之,为3 133.33 kg/hm²;密度4.5万株/hm²的处理产量最低,为2 546.67 kg/hm²。方差分析结果表明,不同密度处理间产量差异达极显著水平($F = 8.34^{**}$)。密度间产量差异极显著,密度4.5万株/hm²处理产量显著低于其他处理,而其他处理间则差异不显著,这说明苏油7号油菜产量受密度影响很大。在4.5万~19.5万株/hm²

表1 不同密度水平对苏油7号产量的影响

Table 1 Effects of different density on the yield of Suyou 7

处理编号 Treatment code	小区产量 Plot yield kg	折合产量 Converted yield kg/hm ²	产量位次 Yield rank
M ₁	5.09	2 546.67 b	6
M ₂	5.97	2 986.67 a	5
M ₃	6.21	3 106.67 a	3
M ₄	6.49	3 246.67 a	1
M ₅	6.27	3 133.33 a	2
M ₆	6.00	3 000.00 a	4

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$)

表2 不同密度水平对苏油7号产量构成因素的影响

Table 2 Effects of density on the yield component factors of Suyou 7

处理编号 Treatment code	单株有效角果数 Effective pod number per plant//个	单位面积角果数 Pod number per unit area// $\times 10^4$ 个/hm ²	每角粒数 Seed number per pod 粒/角	千粒重 1 000-grain weight g	产量 Yield kg/hm ²
M ₁	608.8 a	2 739.6	25.0	4.55	2 546.67
M ₂	583.0 a	4 372.5	23.6	4.35	2 986.67
M ₃	507.2 ab	5 325.6	24.6	4.40	3 106.67
M ₄	492.4 ab	6 647.4	28.7	4.57	3 246.67
M ₅	455.6 ab	7 517.4	27.1	4.53	3 133.33
M ₆	345.0 b	6 727.5	26.3	4.48	3 000.00

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$)

2.2.2 产量构成因素与产量的关系。苏油7号单株产量与单株角果数呈负相关($r = -0.50$),与单位面积有效角果数呈显著正相关($r = 0.84^*$),与每角粒数呈正相关($r = 0.51$),与千粒重呈负相关($r = -0.09$)。单株有效角果数与每角粒数、千粒重均呈负相关,相关系数分别为(-0.49)及(-0.16)。每角粒数与千粒重呈正相关($r = 0.80$)^[5]。这说明在高产栽培情况下,单位面积有效角果数对产量构成因素影响最大,其次是每角粒数。因此,苏油7号在高产的情况下,仍然要主攻其单株有效角果数,其次是每角粒数,而千粒重变化幅度较小。苏油7号不同密度的产量差异首先是由单位面积有效角果数的不同而形成的。

2.3 不同密度对苏油7号有效角果数和有效分枝的影响

2.3.1 有效角果数。由表3可知,不同密度水平下苏油7号主轴有效角果数的变幅为13.4个,一次有效分枝有效角果数的变幅为74.0个,二次分枝有效角果数的变幅为194.0

范围内,随着密度的增加,产量也明显提高,最高产量比最低产量增产27.50%。密度达到一定水平,产量呈下降的趋势^[4]。由此可知,苏油7号密度在13.5万株/hm²时增产效果较好,产量最高。

2.2 不同密度对苏油7号产量构成因素的影响

2.2.1 不同密度对产量构成因素的影响。由表2可知,单株有效角果数的极差为263.8个。随着密度的提高,单株有效角果数呈逐渐减少的趋势,当密度为4.5万株/hm²时,单株有效角果数最多,为608.8个,均比其他处理高,而其产量最低;随着密度的增加,单位面积有效角果数则有先增后减的趋势;当密度为16.5万株/hm²时,其单位面积有效角果数最多,为7 517.4万个/hm²,产量为第二。方差分析结果表明,不同密度处理间单株有效角果数差异达显著水平($F = 3.18^*$),低密度下单株有效角果数显著高于高密度下单株有效角果数。千粒重的极差为0.22 g,各处理间差异不显著,且随着密度增加千粒重呈逐渐减少的趋势。每角粒数的极差为5.1粒/角,各处理间差异不显著,且随着密度的增加每角粒数呈先增后减的趋势。不同密度对每角粒数和千粒重无显著影响。由此说明,低密度虽能显著增加苏油7号单株有效角果数,但其单位面积有效角果数不多,较高密度处理单株有效角果数虽较少,但其单位面积有效角果数较多,总量较大,而密度对每角粒数和千粒重影响不大。

个。随着密度的增加主轴有效角果数变化趋势不明显;一次分枝有效角果数、二次分枝有效角果数均有逐渐减少的趋势,在密度4.5万株/hm²水平(M₁处理)下,苏油7号一次分枝有效角果数、二次分枝有效角果数达最大值,分别为255.4和301.0个。方差分析结果表明,在不同密度水平下苏油7号主轴有效角果数和一次分枝有效角果数的差异未达显著水平(F 值分别为0.75和0.94),二次分枝有效角果数的差异达显著水平(F 值=4.13^{*})^[6]。由此说明,随着密度的增加,苏油7号主轴有效角果数变化不明显,一次分枝有效角果数呈逐渐减少的趋势,而二次分枝有效角果数则减少显著,但其单位面积有效角果数呈先增加后减少的趋势。在该试验条件下,苏油7号产量的高低主要取决于单位面积有效角果数。在较高密度条件下,虽然一次分枝有效角果数、二次分枝有效角果数的生长会受到抑制,但其单位面积有效角果数增加,从而提高了产量。

2.3.2 有效分枝数。由表 3 可知,不同密度水平下苏油 7 号单株一次有效分枝数的变幅为 7.2 ~ 10.4 个,单株二次有效分枝数的变幅为 10.2 ~ 19.4 个。随着密度的增加单株一次有效分枝数变化不明显,而单株二次有效分枝数则有逐渐减少的趋势,在密度 4.5 万株/hm² 水平下,苏油 7 号单株二次有效分枝数达最大值,为 19.4 个。方差分析结果表明,苏油

7 号在不同密度水平下单株一次有效分枝数的差异不显著 ($F=1.08$),单株二次有效分枝数的差异达显著水平 ($F=3.24^*$),M₁ 处理显著高于其他处理,为 19.4 个,M₆ 处理单株二次有效分枝数最少,为 10.2 个。因此,随着密度的增加,单株二次有效分枝数显著减少,在高密度条件下苏油 7 号产量的减少主要是由于单株二次有效分枝数的减少而引起的。

表 3 不同密度水平对苏油 7 号有效角果数和有效分枝数的影响

Table 3 Effects of density on the effective pod number and effective branch number of Suyou 7

处理编号 Treatment code	主轴有效角果数 Effective pod number	一次分枝有效角果数 Effective pod number of primary branch	二次分枝有效角果数 Effective pod number of secondary branch	单株有效角果数 Effective pod number per plant	单株一次分枝数 Primary branch number per plant	单株二次分枝数 Secondary branch number per plant
M ₁	52.4	255.4	301.0 a	608.8 a	8.2	19.4 a
M ₂	56.6	268.8	257.6 ab	583.0 a	8.4	17.6 ab
M ₃	50.2	226.8	230.2 ab	507.2 ab	7.6	15.8 ab
M ₄	50.6	252.8	189.0 ab	492.4 ab	8.2	15.6 ab
M ₅	50.6	224.0	181.0 ab	455.6 ab	8.2	13.6 ab
M ₆	43.2	194.8	107.0 b	345.0 b	7.2	10.2 b

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$)

2.4 不同密度对苏油 7 号品质性状的影响 由表 4 可知,随着密度的增加,苏油 7 号的含油率、蛋白质含量变化不明显,M₁ 处理苏油 7 号种子的含油率和蛋白质含量均为最高,分别为 42.29% 和 34.93%。统计分析表明,不同处理间含油率、蛋白质含量的差异不显著 (F 值分别为 2.33 和 2.43),M₁

处理均高于其他水平。不同密度处理对苏油 7 号的硫苷含量的影响较小,未达显著水平。密度过大会降低苏油 7 号含油率、蛋白质含量。而密度对硫苷、芥酸的影响较小,各处理间差异不显著。测定结果表明,密度对苏油 7 号的棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸及亚麻酸的影响较小。

表 4 不同密度水平对苏油 7 号品质性状的影响

Table 4 Effects of density on the quality character of Suyou 7

处理编号 Treatment code	硫苷 Thioglycoside μmol/g	芥酸 Erucic acid %	含油率 Oil content %	蛋白质 Protein %	棕榈酸 Palmitic acid %	硬脂酸 Stearic acid %	油酸 Oleic acid %	亚油酸 Linoleic acid %	亚麻酸 Linolenic acid %
M ₁	18.04	0.99	42.29	34.93	4.12	0.17	70.72	14.40	7.91
M ₂	18.53	0.82	42.21	34.43	4.24	0.16	67.82	16.66	8.67
M ₃	17.59	0.78	39.80	32.13	4.44	0.14	67.48	17.64	8.78
M ₄	17.11	0.95	42.14	34.59	4.24	0.16	69.38	15.49	9.05
M ₅	20.10	0.77	41.53	33.66	4.25	0.14	70.00	15.02	7.89
M ₆	18.30	0.74	41.80	34.21	4.15	0.19	67.94	16.40	8.48

3 结论

综上所述,密度对苏油 7 号的产量水平和经济性状影响很大。苏油 7 号获得较高产量的密度水平为 10.5 万 ~ 16.5 万株/hm²,其中以密度 13.5 万株/hm² 最为适宜。密度对苏油 7 号产量的影响主要是通过增加单位面积有效角果数起作用的,其与单株产量呈极显著正相关。因此,苏油 7 号要取得高产,首先取决于单位面积有效角果数,其次是每角粒数;而密度对千粒重影响较小,其主要由品种特性决定。

在该试验条件下,不同密度水平对苏油 7 号种子含油率和蛋白质含量的影响不显著,而对硫苷、芥酸含量的影响较小^[7]。在一定的密度范围内,增加密度会降低籽粒的含油率,同时也使蛋白质含量降低,这与相关研究基本一致^[2]。这除与品种本身特性有关外,可能与氮肥施用配比有关,具

体原因还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 孙华,张建栋,黄萌,等. 高产、多抗、适合机械化作业油菜新品种苏油 7 号的选育[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):105-107.
- [2] 许才康,孙华,张建栋,等. 种植密度对双低油菜苏油 4 号产量和品质的影响[J]. 上海农业学报,2010,26(1):102-104.
- [3] 李延莉,庄静,王伟荣,等. 近红外光谱分析技术在油菜品质育种中的应用[J]. 上海农业学报,2006,22(3):32-34.
- [4] 陈新军,戚存扣,高建芹,等. 不同栽培密度对杂交油菜产量的影响[J]. 江苏农业科学,2001(1):29-30.
- [5] 田志宏,刘碧波,陈诗波,等. 双低油菜主要经济性状与产量的相关分析[J]. 河南农业科学,2003,32(9):20-22.
- [6] 岳绪国,顾炳朝,唐泽庆,等. 不同密度水平对甘蓝型油菜“镇油 5 号”产量及经济性状的影响[J]. 江西农业学报,2008,20(11):45-46,49.
- [7] 沈明星,王海侯,孙华,等. 移栽密度对双低油菜苏油 4 号产量与品质的影响[J]. 江西农业学报,2009,21(8):22-24.