

岳绪国, 葛永申, 景德道, 等. 移栽密度和方式对不同类型油菜品种产量及构成的调控效应[J]. 江苏农业学报, 2019, 35( 1 ): 63-69.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.01.009

## 移栽密度和方式对不同类型油菜品种产量及构成的调控效应

岳绪国<sup>1</sup>, 葛永申<sup>1</sup>, 景德道<sup>1</sup>, 周桂生<sup>2,3</sup>

(1.江苏丘陵地区镇江农业科学研究所, 江苏 句容 212400; 2.教育部农业与农产品安全国际合作联合实验室, 江苏 扬州 225009; 3.扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏 扬州 225009)

**摘要:** 为探索不影响产量前提下提高移栽油菜效益的新途径,以株型中间型品种镇油5号和紧凑型品种镇油7号为试验品种,采用一穴双栽和一穴单栽2种移栽方式,设置 $1\text{ hm}^2$   $0.6\times 10^5$ 株、 $0.9\times 10^5$ 株、 $1.2\times 10^5$ 株、 $1.5\times 10^5$ 株、 $1.8\times 10^5$ 株和 $2.1\times 10^5$ 株密度水平,研究移栽密度和移栽方式对不同类型油菜品种产量和成熟期相关农艺性状的影响,对比分析在不同移栽方式下密度与不同类型油菜产量之间的关系。结果表明,以移栽密度 $1\text{ hm}^2$   $1.8\times 10^5$ 株、一穴双栽处理的紧凑型品种产量最高,达到 $3\ 560\text{ kg/hm}^2$ 。随着密度的增加,产量先升后降;单株角果数、千粒质量、根茎粗、主轴角果数、一次分枝数、一次分枝角果数、二次分枝数和二次分枝角果数总体波动式下降;株高先缓慢下降再上升,分枝点高度和主轴长波动式上升,角果长上下起伏变化。每角粒数在一穴单栽条件下呈先升后降趋势,在一穴双栽条件下中间型品种呈下降趋势,紧凑型品种呈先升后降趋势。株型紧凑型品种的适宜密度水平比中间型品种高。同一类型油菜品种,在适宜密度及高密度水平下,一穴双栽移栽方式要比一穴单栽移栽方式获得的产量更高,大面积生产上的增产效果将更显著。

**关键词:** 油菜; 品种; 密度; 移栽方式; 产量

**中图分类号:** S565.404.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)01-0063-07

## Effects of density and transplanting method on yield and yield components of different types of rapeseed

YUE Xu-guo<sup>1</sup>, GE Yong-shen<sup>1</sup>, JING De-dao<sup>1</sup>, ZHOU Gui-sheng<sup>2,3</sup>

(1. *Zhenjiang Institute of Agricultural Sciences of the Ning-Zhen Hilly District, Jurong 212400, China*; 2. *Joint International Research Laboratory of Agriculture and Agri-Product Safety of Ministry of Education of China, Yangzhou 225009, China*; 3. *Jiangsu Provincial Key Lab of Crop Genetics & Physiology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China*)

**Abstract:** In order to explore ways to improve the efficiency of transplanting rapeseed seedlings without reducing the grain yield, six planting densities ( $0.6\times 10^5$ ,  $0.9\times 10^5$ ,  $1.2\times 10^5$ ,  $1.5\times 10^5$ ,  $1.8\times 10^5$  and  $2.1\times 10^5$  plant per hectare) and two transplanting methods (two plants per hole and one plant per hole) were applied to study the interactive effects of planting density and transplanting method on yield and agronomic traits at maturity for different types of rapeseed varieties

(Zhenyou5, a medium plant-type variety and Zhenyou7, a compact plant-type variety). The highest grain yield was achieved at  $3\ 560\text{ kg/hm}^2$  for the compact plant-type variety Zhenyou 7 when the planting density was  $1.8\times 10^5$  plants per hectare and two plants were transplanted into one hole. With the increase in density, grain yield increased first and then decreased, the pod number per

收稿日期: 2018-05-23

基金项目: 江苏省重点研发专项(BE2016410); 镇江市重点研发计划项目(NY2015020)

作者简介: 岳绪国(1969-), 男, 江苏沭阳人, 学士, 副研究员, 从事油菜遗传育种与栽培。(E-mail) 13815163085@163.com

通讯作者: 周桂生, (E-mail) gszhou@yzu.edu.cn

plant, 1 000-grain weight, root crown diameter, pod number of main inflorescence, number of first-grade branch, pod number of first-grade branch, the number of the second-grade branch and pod number of second-grade branch were in a fluctuant downward trend on a whole. Plant height was gradually decreased and then increased, branch height and length of main inflorescence were in a fluctuant upward trend, and pod length was fluctuant changed as the increase in planting density. The seed number per pod in the treatment of one plant per hole increased first and then decreased, while the seed number per pod in the treatment of two plants per hole showed a downward trend for the medium plant-type variety and was first promoted and then decreased for the compact plant-type variety. The compact-type variety was more suitable to high planting density than the medium plant-type variety. Within the same plant-type variety, the grain yield under the treatment of two plants per hole was higher than that under the treatment of one plant per hole. Our study indicated that the method of transplanting two plants per hole could be an effective way to increase grain yield in rapeseed production.

**Key words:** rapeseed (*Brassica napus* L.); variety; density; transplanting method; yield

近年来,经过育种家的努力,油菜品种高产双低选育取得了突破性进展,一大批高产双低优质品种应用于生产,为粮油增产增收作出了重大贡献<sup>[1-3]</sup>。江苏省南方地区是长江流域冬油菜的重要种植区,油菜栽培方式以育苗移栽为主。随着经济社会发展,青壮劳动力向城镇转移,务农人口老龄化程度日趋严重,传统移栽模式费时费工、劳动效率低下的缺点逐步凸显,导致油菜生产成本增加,农民种植积极性逐年下降<sup>[4-6]</sup>。面对这种形势,采用优良株型品种,研究适宜密度条件下的移栽方式对提高移栽油菜效益具有十分重要的现实意义。

种植密度是影响油菜群体产量的重要因素<sup>[7-8]</sup>。随着种植密度的增加,油菜单株有效分枝数、角果数和每角果粒数有降低趋势<sup>[9-10]</sup>,而分枝高度和千粒质量有提高的趋势<sup>[11-13]</sup>。另有一些研究结果表明,适当提高种植密度,可增加群体叶面积指数,提高光能利用率,协调好群体和个体之间的矛盾,有利于油菜产量的提高<sup>[14-15]</sup>。然而,对于传统的油菜移栽种植方式,密度的提高意味着人工投入的增加。

前人关于密度对油菜产量影响的研究较多,但试验大多只采用 1 个品种,移栽方式往往采用一穴单栽。近年来,已有研究结果表明,在一定条件下,采用一穴栽多株的方式可在不影响群体产量的前提下,有效降低人工成本<sup>[16-17]</sup>。但针对不同株型油菜品种、不同移栽密度,一穴双栽对植株农艺性状、产量和产量构成的研究还鲜见报道。本试验结合当前江苏省油菜生产实际,以大面积推广的不同株型品种为试验品种,设置一穴双栽和一穴单栽 2 种移栽方式,研究不同移栽密度条件下的成熟期农艺性状、产量及构成因子,明确不同类型油菜品种的最优移栽方式和最适移栽密度,为提高移栽油菜效益奠定

基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验概况

试验于 2015 年 9 月至 2016 年 5 月在江苏丘陵地区镇江农业科学研究所行香科技创新中心油菜试验田进行。2015 年 9 月 22 日育苗,11 月 3 日移栽,翌年 5 月 23 日收获。试验地土壤为板浆白土,壤质,0~20 cm 土层养分状况为有机质含量 1.71%、全氮 0.12%、碱解氮 87.3 mg/kg、速效磷 37.9 mg/kg、速效钾 72.8 mg/kg。

### 1.2 试验设计

试验采用三因素随机区组设计,设品种(V)、移栽方式(T)和移栽密度(D)3个试验因素。参试品种为镇油5号(中间型,株型处于松散型与紧凑型之间)和镇油7号(紧凑型),分别用V1和V2表示;移栽方式有一穴双栽和一穴单栽(2种移栽方式下单位面积内油菜株数一定)2种,用T1和T2表示;移栽密度设置6个水平,分别为 $1\text{ hm}^2\ 0.6\times 10^5$ 、 $0.9\times 10^5$ 、 $1.2\times 10^5$ 、 $1.5\times 10^5$ 、 $1.8\times 10^5$ 、 $2.1\times 10^5$ 株,用D1、D2、D3、D4、D5和D6表示。试验3次重复,随机区组排列。小区面积 $20\text{ m}^2$ ( $4\text{ m}\times 5\text{ m}$ ),每小区10行,行距40 cm。以株距控制密度,机械开行定行。采用“三沟”配套,厢沟、腰沟均宽0.20 m、深0.20 m,围沟宽0.20 m、深0.30 m。播种前施45%氮磷钾复合肥(N 15%、 $\text{P}_2\text{O}_5$  15%、 $\text{K}_2\text{O}$  15%) 375 kg/hm<sup>2</sup>作基肥,苗肥和薹肥各施尿素 225 kg/hm<sup>2</sup>。田间管理按照当地高产栽培要求统一进行。

### 1.3 考种测产

于成熟期在每个小区选取有代表性的非边行连续10株,按照油菜考种标准进行考种。测定指标包

括株高、根茎粗、分枝点高度、主轴长、一次分枝数、一次分枝角果数、二次分枝数、二次分枝角果数、角果长、单株角果数、主轴角果数、每角粒数等性状。脱粒后称量各部分籽粒质量,计算千粒质量,以小区实收计产。

#### 1.4 数据处理与分析

采用 Excel 2013 进行试验数据录入和计算,采用 DPS 软件依照三因素随机区组设计进行统计分析,采用最小显著差法 (Least significant difference, LSD) 比较处理间的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 移栽密度和移栽方式对油菜产量的影响

方差分析结果表明,品种和移栽方式对产量的影响未达显著水平,而移栽密度、品种与密度互作、移栽方式与密度互作对产量的影响达极显著水平,品种、移栽方式和移栽密度三因素互作对产量的影响达显著水平。所有组合中,以 V2T1D5 产量水平最高,显著高于其他处理,达到  $3\ 560\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,表明紧凑型品种镇油 7 号在一穴双栽、密度  $1\ \text{hm}^2\ 1.8\times 10^5$  株条件下产量达到最高水平。对于一穴双栽移栽方式,镇油 5 号和镇油 7 号的产量峰值分别达到  $3\ 470\ \text{kg}/\text{hm}^2$  和  $3\ 560\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,对应的密度分别为  $1\ \text{hm}^2\ 1.5\times 10^5$  株和  $1.8\times 10^5$  株。对于一穴单栽移栽方式,镇油 5 号和镇油 7 号的产量峰值分别为  $3\ 415\ \text{kg}/\text{hm}^2$  和  $3\ 410\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,对应的密度分别为  $1\ \text{hm}^2\ 1.2\times 10^5$  株和  $1.8\times 10^5$  株。

### 2.2 移栽密度和移栽方式对油菜产量构成的影响

方差分析结果表明,除每角粒数在移栽方式间、千粒质量在品种和移栽方式互作下差异不显著外,品种、移栽方式和密度对其他产量构成因素的影响均达显著或极显著水平。

随着密度的增加,两个品种的单株角果数都呈下降趋势,高密度水平下一穴单栽要比一穴双栽下降缓慢。对于每角粒数,在一穴双栽条件下,中间型油菜品种镇油 5 号呈下降趋势,而紧凑型品种镇油 7 号呈先升后降趋势;在一穴单栽条件下,两品种总体呈先升后降趋势,但在高密度下却表现出较高的每角粒数。两品种类型的两种栽培方式的千粒质量,随着密度的增加,总体呈下降趋势,且紧凑型品种镇油 7 号在每个处理组合下千粒质量都普遍高于中间型品种镇油 5 号(表 1)。

### 2.3 移栽密度和移栽方式对油菜成熟期农艺性状的影响

随着密度的增加,根茎粗总体呈下降趋势,但中间型品种镇油 5 号在一穴双栽条件下先缓慢上升再下降。株高呈先缓慢下降再上升的趋势,高密度水平下除紧凑型品种镇油 7 号一穴双栽处理上升差异显著外,其余组合上升差异不显著。分枝点高度呈上升趋势,高密度水平下,一穴单栽处理中间型品种镇油 5 号和一穴双栽处理紧凑型品种镇油 7 号上升差异不显著。主轴长呈波动式上升趋势,一穴单栽处理紧凑型品种镇油 7 号先降后升。主轴角果数、一次分枝数、一次分枝角果数、二次分枝数和二次分枝角果数在不同处理下不同类型油菜品种总体都呈波动式下降趋势,在  $1\ \text{hm}^2\ 0.6\times 10^5$  株低密度水平下表型值最高。角果长呈上下起伏式下降趋势,与密度变化关系不明显(表 2)。

### 2.4 不同移栽方式下不同类型油菜适宜的移栽密度

对 2 种不同移栽方式下不同类型油菜产量与移栽密度进行拟合分析,得到两者的密度影响模型(图 1)。株型中间型油菜品种镇油 5 号,一穴双栽处理:  $Y = -7.347\ 9x^2 + 235.930\ 0x + 1\ 503.300\ 0$ ; 一穴单栽处理:  $Y = -7.414\ 0x^2 + 207.130\ 0x + 1\ 915.700\ 0$ 。株型紧凑型油菜品种镇油 7 号,一穴双栽处理:  $Y = -3.607\ 8x^2 + 161.810\ 0x + 1\ 730.900\ 0$ ; 一穴单栽处理:  $Y = -5.892\ 9x^2 + 197.650\ 0x + 1\ 712.100\ 0$ 。

根据以上模型,理论上我们可得出,镇油 5 号一穴双栽密度为  $1\ \text{hm}^2\ 1.605\times 10^5$  株时产量最高  $3\ 397\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,一穴单栽密度为  $1\ \text{hm}^2\ 1.397\times 10^5$  株时产量最高  $3\ 362\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。镇油 7 号一穴双栽密度为  $1\ \text{hm}^2\ 2.243\times 10^5$  株时产量最高  $3\ 545\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,一穴单栽密度为  $1\ \text{hm}^2\ 1.677\times 10^5$  株时产量最高  $3\ 369\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。

比较理论预测值,我们发现一穴单栽,要想达到最高产量,紧凑型油菜品种镇油 7 号要比株型中间型油菜品种镇油 5 号需要更高的移栽密度。此外,根据模型,不同类型油菜品种镇油 5 号和镇油 7 号一穴单栽处理最高理论产量对应密度分别是  $1\ \text{hm}^2\ 1.397\times 10^5$  株和  $1.677\times 10^5$  株,在此密度条件下采用一穴双栽处理时,可分别获得理论产量  $3\ 365\ \text{kg}/\text{hm}^2$  和  $3\ 430\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,都高于一穴单栽对应密度处理下的最高理论产量  $3\ 362\ \text{kg}/\text{hm}^2$  和  $3\ 369\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。

表 1 移栽密度和移栽方式对油菜产量及产量构成的影响

Table 1 Effects of density and transplanting method on the yield and yield components of rapeseed

品种	移栽方式	密度	单株角果数	每角粒数	千粒质量	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
V1	T1	D1	623.09ab	25.39ab	4.29ijk	2 705mn
		D2	526.42c	22.37def	4.26klm	2 975k
		D3	451.11d	21.25gh	4.29ijk	3 185gh
		D4	322.91fg	22.76cde	4.24mn	3 470b
		D5	280.04hij	22.38def	4.24lmn	3 440bc
		D6	191.28k	20.03i	4.22n	3 160gh
	T2	D1	583.54b	20.50hi	4.31i	2 935k
		D2	455.99d	22.92cd	4.29ijk	3 060ij
		D3	265.32ij	23.12cd	4.28jkl	3 415bc
		D4	253.28ij	16.91k	4.30ij	3 385cd
		D5	253.88ij	22.77cde	4.27jkl	3 190fgh
		D6	242.23j	22.00efg	4.27jklm	3 010jk
V2	T1	D1	584.09b	18.18j	4.43abcd	2 635n
		D2	457.54d	25.84a	4.42cdef	2 800l
		D3	373.41e	21.98efg	4.42bede	3 110hi
		D4	343.53ef	16.66k	4.39efg	3 395bcd
		D5	291.45ghi	18.54j	4.35h	3 560a
		D6	273.82ij	18.96j	4.27klm	3 475b
	T2	D1	648.52a	21.75fg	4.45ab	2 720m
		D2	504.77c	16.78k	4.46a	2 945k
		D3	454.86d	24.80b	4.45abc	3 270ef
		D4	327.53fg	18.43j	4.40defg	3 330de
		D5	322.19fgh	18.57j	4.38fgh	3 410bc
		D6	318.74fgh	23.34c	4.37gh	3 235fg
V			**	**	**	NS
T			**	NS	**	NS
D			**	**	**	**
V×T			**	**	NS	NS
V×D			**	**	**	**
T×D			**	**	**	**
V×T×D			**	**	*	*

V1:镇油 5 号;V2:镇油 7 号。T1:一穴双栽;T2:一穴单栽。D1、D2、D3、D4、D5 和 D6 分别表示种植密度为 1 hm<sup>2</sup> 0.6×10<sup>5</sup>、0.9×10<sup>5</sup>、1.2×10<sup>5</sup>、1.5×10<sup>5</sup>、1.8×10<sup>5</sup>、2.1×10<sup>5</sup> 株。V:品种;T:处理;D:移栽密度。V×T、V×D、T×D、V×T×D 分别表示因素间的互作。同一列不同字母表示差异达 0.05 显著水平;\*、\*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著差异;NS 表示差异不显著。

表 2 移栽密度和移栽方式对油菜成熟期农艺性状的影响

Table 2 Effects of density and transplanting method on agronomic traits of rapeseed at maturity

品种	移栽方式	密度	根茎粗 (cm)	株高 (cm)	分枝点 高度 (cm)	主轴长 (cm)	主轴 角果数	一次 分枝数	一次分枝 角果数	二次 分枝数	二次分枝 角果数	角果长 (cm)
V1	T1	D1	2.21gh	168.60abc	18.19l	56.40k	76.31d	15.46a	431.10a	16.83a	115.69b	7.37a
		D2	2.25fgh	166.03abcd	33.88k	59.21ghij	71.19ef	14.60b	361.12bc	6.50de	76.11e	6.89cde
		D3	2.37de	160.74cdfgh	43.74hi	58.42ij	68.55efg	8.42ef	305.86de	7.15cd	76.70e	6.70fg
		D4	2.11i	155.58fghij	59.88c	59.62ghi	63.57hi	7.65fg	232.42fg	0.48l	26.92i	6.86def
		D5	1.99jk	164.55abcde	68.06b	58.17j	65.13ghi	7.59fg	180.49h	2.91ghi	34.42gh	6.84def
		D6	1.97k	166.40abcd	77.19a	59.85gh	62.25i	6.71h	125.03i	0.44l	3.99lm	6.95bcd
	T2	D1	2.48c	159.71defghi	14.54l	56.38k	71.96e	14.35b	366.80bc	12.99b	144.78a	6.49h
		D2	2.36de	156.38efghij	42.14ij	65.43bc	68.57efg	10.42d	334.88cd	4.45fgh	52.54f	7.10b
		D3	2.27fg	148.15j	48.86fgh	60.39g	67.45fgh	7.80ef	169.96h	1.48ijkl	27.91hi	6.71fg
		D4	2.06ij	154.63ghij	79.22a	62.30ef	66.33ghi	6.65h	183.74h	0.90kl	3.21m	6.02i
		D5	2.28fg	167.52abcd	79.96a	65.82b	64.86ghi	7.74f	178.12h	1.03jkl	10.90j	6.71fg
		D6	1.91kl	170.52a	80.17a	68.42a	63.74hi	6.68h	175.90h	0.34l	2.59m	6.99bcd
V2	T1	D1	2.92a	168.34abcd	18.01l	56.07k	94.09ab	15.07ab	393.80b	12.82b	96.19c	6.59gh
		D2	2.25fgh	163.44abcdef	50.28efg	59.31ghij	83.90c	10.40d	336.74cd	5.16ef	36.90g	6.01i
		D3	1.95k	156.17efghij	59.07c	56.70k	80.40cd	7.96ef	261.29ef	0.35l	1.72m	5.91i
		D4	2.20h	153.72hij	57.57cd	56.22k	83.58c	8.60e	288.86e	0.13l	1.09m	5.53jk
		D5	1.87lm	151.23ij	56.61cde	54.17l	81.55c	6.59h	199.57gh	1.29ijkl	10.33kl	5.59j
		D6	1.98k	156.89efghi	57.54cd	62.09ef	80.58cd	7.61fg	188.75h	0.56l	4.49klm	5.36k
	T2	D1	2.68b	171.06a	31.34k	64.22cd	97.21a	12.62c	466.29a	8.52c	85.02d	7.06bc
		D2	2.32ef	162.44bedefg	35.98jk	61.81f	90.86b	9.90d	389.02b	2.69ij	24.89i	6.62gh
		D3	2.42cd	161.72bedefgh	46.22ghi	63.31de	84.33c	10.72d	341.12cd	2.81hi	29.41hi	6.62gh
		D4	2.20h	166.17abcd	52.71def	58.74hij	82.12c	8.27ef	241.08f	1.12jkl	4.33klm	6.66gh
		D5	1.94kl	167.33abcd	67.40b	59.71ghi	83.48c	7.64fg	234.29fg	2.29ijk	4.42klm	6.65gh
		D6	1.82m	170.12ab	78.96a	60.13g	83.34c	6.87gh	232.74fg	1.38ijkl	2.66m	6.72efg
V			*	NS	**	**	**	NS	**	**	**	**
T			**	NS	**	**	**	*	**	**	**	*
D			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
V×T			*	**	NS	NS	NS	NS	*	**	**	**
V×D			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
T×D			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
V×T×D			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

V1、V2、T1、T2、D1、D2、D3、D4、D5、D6、V、T、D、V×T、V×D、T×D、V×T×D 见表 1 注。同一列不同字母表示差异达 0.05 显著水平；\*、\*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著差异；NS 表示差异不显著。

3 讨 论

种植密度影响油菜的生长发育和产量,通过合理密植可调节油菜个体与群体间的矛盾,从而使各产量构成因素协调发展。比较前人已有研究结果,

因所设密度范围不同,最终得到的结论也有所差异。大部分研究者<sup>[13-15,18]</sup>认为,在其他条件相同的情况下,密度增加会显著降低油菜的单株有效分枝数、有效角果数和每角粒数,有效提高分枝高度和千粒质量。而李改珍等<sup>[19]</sup>却认为,油菜每角粒数和千粒质



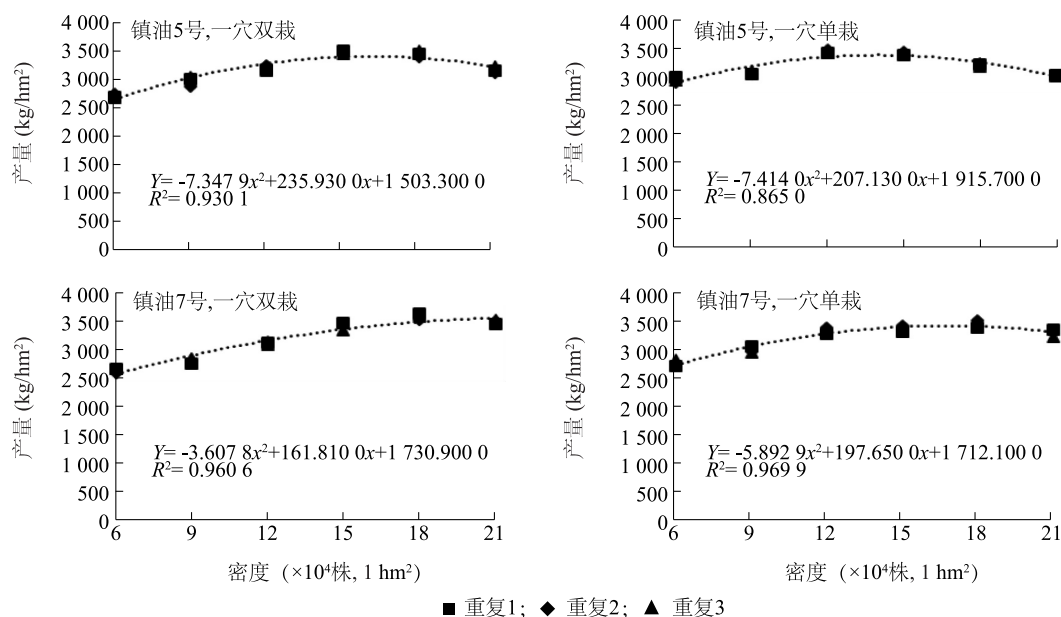


图1 移栽密度和移栽方式对油菜产量的影响

Fig.1 Effects of density and transplanting method on the yield of rapeseed

量与种植密度无明显关系,过高的密度会降低油菜产量。叶剑等<sup>[20]</sup>认为,随着密度的增加分枝部位增高,单株总分枝数减少,对二次分枝的影响大于一次分枝。岳绪国等<sup>[21]</sup>认为,产量及有效角果数随着密度的增加,呈先增后减的趋势。杨经泽等<sup>[22]</sup>认为,在高密度条件下,主花序角果数占总角果数百分比增加,同时株高、分枝部位、一次分枝数、一次分枝角果数降低。

在本试验中,低密度情况下中间类型品种镇油5号一穴双栽处理单株角果数、主轴角果数、一次分枝数均比一穴单栽的高,说明在低密度条件下一穴双栽增加了相邻穴间的油菜株距,通风透光好,油菜个体的温、光、肥条件更宜获得,更能发挥中间类型油菜品种单株的个体优势,但千粒质量却有所降低。而紧凑型油菜却无此规律,可能是由于紧凑型油菜品种低密度条件下一穴双栽个体间的竞争产生的劣势大于温、光、肥条件获得的优势。有关品种间的这种差异前人研究报道甚少,还有待于设计更广泛的品种类型、密度范围对有关经济性状的相关性以及生理影响进行更深层次的研究。

相比于前人的研究试验,本试验所设密度(1 hm² 0.6×10⁵~2.1×10⁵株)处于较低的水平,随着密度的增加,不同处理的不同类型油菜品种产量呈先升后降趋势,这与岳绪国等的研究结果一致<sup>[22]</sup>。在

产量构成三要素中,随着密度的增加,单株角果数呈下降趋势,与大部分人研究结果相符<sup>[13-14]</sup>。每角粒数一穴单栽处理呈先升后降趋势,一穴双栽处理中间型油菜品种呈下降趋势,紧凑型品种先升后降。此外,本试验中千粒质量随着密度的增加呈波动式下降趋势,与前人研究结果不一致。其他油菜成熟期相关农艺性状中,随着密度的增加,根茎粗、主轴角果数、一次分枝数、一次分枝角果数、二次分枝数和二次分枝角果数总体都呈波动式下降趋势,与前人研究结果一致;株高呈先缓慢下降再上升的趋势;分枝点高度和主轴长呈波动式上升趋势;角果长呈上下起伏式下降趋势,与密度变化关系不明显。

已有研究结果表明,适当密植能提高油菜产量<sup>[23]</sup>,但超过一定的适宜范围,继续增加密度就会造成油菜产量的减少<sup>[24]</sup>。本试验中,一穴双栽处理时,株型中间型品种和紧凑型品种最佳密度分别为1 hm² 1.5×10⁵株和1.8×10⁵株,密度模型下的理论值分别为1 hm² 1.605×10⁵株和2.247×10⁵株;一穴单栽处理时,则分别为1 hm² 1.2×10⁵株和1.8×10⁵株,理论值分别为1 hm² 1.400×10⁵株和1.675×10⁵株。株型紧凑型品种的适宜密度比中间型品种高。

适当密植一定程度上可提高油菜群体产量,但对于传统移栽油菜而言,则会增加成本,降低效益。唐校强等<sup>[17]</sup>认为通过采用一穴双栽方式来调节个

体与群体的库源关系,保证群体数量,使温、光和空间等环境条件得到了最大程度的发挥,从而提高总的干物质积累和经济系数,提高产量。胡正军等<sup>[25]</sup>认为一穴双栽方式中各个分枝可以起到很好的相互支撑作用,提高了抗倒性以增加群体产量。本试验中,随着移栽密度增加,当处于高密度( $1\text{ hm}^2\ 1.5\times 10^5$ 株、 $1.8\times 10^5$ 株、 $2.1\times 10^5$ 株)水平时,同一类型品种,一穴双栽处理产量超过一穴单栽处理,且差异显著。此外,根据密度模型计算,不同类型油菜品种镇油5号和镇油7号在一穴单栽处理最高产量对应密度下,一穴双栽处理时,可分别获得理论产量 $3\ 365\text{ kg/hm}^2$ 和 $3\ 430\text{ kg/hm}^2$ ,都高于一穴单栽处理下的最高产量。就本试验而言,同一类型油菜品种,在适宜密度及高密度水平下,一穴双栽处理比一穴单栽处理获得更高的产量,大面积生产上效果将更明显。采用单株栽培方式时,株型中间型品种栽培密度 $1\text{ hm}^2\ 1.400\times 10^5$ 株与株型紧凑型品种栽培密度 $1\text{ hm}^2\ 1.675\times 10^5$ 株的收获产量相当,采用一穴双栽移栽方式时紧凑型品种栽培密度 $1\text{ hm}^2\ 2.247\times 10^5$ 株的收获产量最高,比采用一穴双栽移栽方式的中间型品种栽培密度 $1\text{ hm}^2\ 1.605\times 10^5$ 株的最高收获产量增产近5%。因此,在生产上,选用一穴双栽移栽方式宜获得高产;当采用一穴双栽移栽方式时,宜选用紧凑型品种;当采用一穴单栽移栽方式时,宜选用中间型品种,能获得高光效群体和达到省工节本的效果。

#### 参考文献:

- [1] 张洁夫,戚存扣,蒋小平,等. 1982-2012年江苏省审定油菜品种系谱及性状分析[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(4): 713-719.
- [2] 付三雄,张洁夫,周晓婴,等. 优质化学杀雄两系杂交油菜“宁杂1838”的选育[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(13): 64-66.
- [3] 农全东,杨永超,文和明. 双低油菜育种进展[J]. 安徽农业科学, 2014(35): 12434-12436.
- [4] 王汉中. 我国油菜产业发展的历史回顾与展望[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(2): 300-302.
- [5] 官春云. 中国油菜产业发展方向[J]. 粮食科技与经济, 2011, 36(2): 5-6.
- [6] 刘成,黄杰,冷博峰,等. 我国油菜产业现状、发展困境及建议[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(12): 203-210.
- [7] 杨国平,毛顺华. 不同种植密度对油菜产量的影响试验[J]. 广西农学报, 2013, 28(4): 8-10.
- [8] 马霓,张春雷,李俊,等. 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.
- [9] 黄光昱,吴江生,许敏,等. 栽培因子对华油杂9号产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(6): 727-729.
- [10] 钟林光,王朝晖. 播期和种植密度对油菜品种湘杂油7号产量及品质的影响[J]. 南方农业学报, 2010, 41(6): 536-538.
- [11] 董晓芳,田保明,姚永芳,等. 密度对油菜品种机械化收获特性的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(3): 71-74.
- [12] 朱珊,李银水,余常兵,等. 密度和氮肥用量对油菜产量及氮肥利用率的影响[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(2): 179-184.
- [13] 宋稀,刘凤兰,郑普英,等. 高密度种植专用油菜重要农艺性状与产量的关系分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(9): 1800-1806.
- [14] DIEPENBROCK W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review [J]. Field Crops Research, 2000, 67(1): 35-49.
- [15] KUAI J, SUN Y, ZUO Q, et al. The yield of mechanically harvested rapeseed (*Brassica napus* L.) can be increased by optimum plant density and row spacing [J]. Scientific Reports, 2015, 5(18835): 18835.
- [16] 王洁,顾贤永,沈永干,等. 油菜不同株数穴栽方式试验研究[J]. 上海农业科技, 2011(1): 45-45.
- [17] 唐校强,曹流俭,周可金,等. 移栽密度和方式对油菜生长发育与产量的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2012, 39(3): 430-434.
- [18] 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.
- [19] 李改珍,艾复清,赵宇航. 不同密度及施氮量对油菜产量的影响[J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(3): 198-201.
- [20] 叶剑,孙万仓,武军艳,等. 群体密度对冬油菜产量和经济性状的影响[J]. 西北农业学报, 2008, 17(3): 171-175.
- [21] 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.
- [22] 杨经泽,刘凤兰,李光明,等. 油菜新品种中双9号不同栽培密度试验[J]. 湖北农业科学, 2004(3): 39-41.
- [23] 苏伟,鲁剑巍,周广生,等. 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.
- [24] 路志达,陈俊义,蒋杏华,等. 密度、氮肥、钾肥与油菜产量关系的研究[J]. 上海农业科技, 2001(4): 29-30.
- [25] 胡正军,田祖庆,李国安,等. 棉地油菜一穴双株移栽应用初报[J]. 作物研究, 2006, 20(3): 259-260.

(责任编辑:张震林)