

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2020.08.009

# 不同密度和播期下陕油 28 和秦优 7 号产量及抗倒性的比较

宋 波, 张杏燕, 李德富, 董军刚

西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100

**摘要:** 为探讨油菜机械化品种的特性, 在不同密度和播期条件下对陕西省第一个适合机械化栽培的品种—陕油 28 和黄淮区主栽品种秦优 7 号进行了比较研究。试验设置 4 个密度: 22.5 万株/hm<sup>2</sup> (D1)、37.5 万株/hm<sup>2</sup> (D2)、52.5 万株/hm<sup>2</sup> (D3)、67.5 万株/hm<sup>2</sup> (D4), 2 个播期: 2016 年 9 月 22 日 (M1) 和 10 月 1 日 (M2)。结果表明: (1) 陕油 28 相比于秦优 7 号, 抽薹期晚 4 d, 初花期晚 2 d, 盛花期、终花期提前 2~3 d, 生育期缩短 2 d, 生育进程表现前慢后快的特点; (2) 相同处理下, 陕油 28 的株高、分枝部位高度和主花序长度小于秦优 7 号, 根茎粗、分枝数、结角密度大于秦优 7 号; (3) 相同处理下, 陕油 28 经济系数大于秦优 7 号, 密度增加, 陕油 28 和秦优 7 号经济系数降低不显著, 播期延后, 经济系数都增大; (4) 随着密度增加, 陕油 28 产量先增加再降低, 在 D3 密度达到最大, M1 和 M2 播期下分别为 3689.24 kg/hm<sup>2</sup> 和 3065.85 kg/hm<sup>2</sup>, 而秦优 7 号产量一直降低, 在 D1 密度下最大, M1 和 M2 播期下分别为 3642.25 kg/hm<sup>2</sup> 和 2956.32 kg/hm<sup>2</sup>; (5) 相同处理条件下, 陕油 28 根冠比大于秦优 7 号, 陕油 28 的干物质累计量在 D1, D2 密度下低于秦优 7 号, 在 D3, D4 密度下大于秦优 7 号; (6) 随着密度增大, 陕油 28 的倒伏指数略微增加, 而秦优 7 号倒伏指数随着密度增加显著增大。播期延迟后, 两个品种的倒伏指数都减小, 相同播期和密度, 陕油 28 的倒伏指数显著小于秦优 7 号, 陕油 28 倒伏指数的负调控因素多于秦优 7 号。相比于秦优 7 号, 陕油 28 具有花期短且集中、结角层薄但角果密度大等特性, 高密度条件下产量高、根系干物质分配多、不同密度下抗倒伏能力差异小等特点, 更适合机械化模式下载培。

**关键词:** 陕油 28; 秦优 7 号; 播期; 密度; 农艺性状; 抗倒性

**中图分类号:** S634.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2020)08-0066-08

中国是世界上油菜种植面积最大的国家之一, 但是由于起步晚、基础薄弱等因素, 我国油菜栽培水平和模式与加拿大等发达国家还有一定差距<sup>[1]</sup>。其中, 机械化程度低是目前限制油菜种植产业发展的关键性因素<sup>[2]</sup>, 机械化栽培模式要求油菜能在高密度条件下依然能够保持良好的产量和抗倒性, 并尽可能具备适合机械化栽培的农艺性状<sup>[3]</sup>。

在一定栽培条件下实现油菜生长发育与群体性状的相互协调对产量贡献最大。在高密度种植条件下, 具有苗期生长缓慢、早花不早薹、灌浆快、成熟期早和花期集中、主茎与分枝角果成熟相对一致等特点的品种适合机械化作业<sup>[4]</sup>。花期相对集中, 可缩短油菜上下部角果成熟时间上差异, 油菜茎秆变细、有效分枝的上移集中、株型更加紧凑等特点有利于机械化收割<sup>[5]</sup>。机械化高密度种植下的油菜品种, 结角密度和

收稿日期: 2019-07-30

基金项目: 陕西省科技攻关项目(2016NY-003)。

作者简介: 宋 波(1996—), 男, 硕士研究生, 主要从事油菜品种遗传与栽培技术研究。

通信作者: 董军刚, 副教授。

主花序有效角果对于产量贡献最大, 特别是结角密度, 对于产量的相关系数和直接作用都是最大<sup>[6]</sup>. 甘蓝型冬油菜在高密度条件下, 产量降低、有效分枝数减少、单株角果数下降、单株干物质减少, 千粒质量增加, 产量随密度先增加再减少<sup>[7]</sup>. 随着植株密度的增加和移栽时间的延长, 有效分枝数和单株有效角果数呈下降趋势, 但最高产量是在相对高密度的种植条件下实现的<sup>[8]</sup>. 同时株高适中、分枝数适中、角果分布均匀、株型为紧凑型品种较抗倒伏<sup>[9]</sup>. 本试验对西北农林科技大学最新选育的机械化种植的油菜品种陕油 28 和秦优 7 号在不同密度与播期条件下进行生育进程、农艺性状、产量、干物质积累量和抗倒性等比较, 以期比较二者的异同, 为油菜机械化品种的选育提供参考.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点、材料及土壤状况

试验地位于西北农林科技大学油菜试验基地(北纬 34.30°、东经 108.06°), 前茬作物为小麦. 土壤为壤土, 含有机质 1.76%、全氮 0.11%、全磷 0.13%、速效磷 23.50 mg/kg、速效钾 236.72 mg/kg.

### 1.2 试验设计

采用裂区试验设计, 设置 3 个因素, 分别为品种、播期、密度. 播期为主区, 采用 2016 年 9 月 22 日(M1)和 2016 年 10 月 1 日(M2)两个播期; 密度和品种双因素为裂区, 采用 22.5 万株/hm<sup>2</sup>(D1)、37.5 万株/hm<sup>2</sup>(D2)、52.5 万株/hm<sup>2</sup>(D3)、67.5 万株/hm<sup>2</sup>(D4)共计 4 个密度, 陕油 28 和秦优 7 号 2 个品种, 共 16 个处理组合. 直播方式播种, 三叶期至五叶期定苗, 2017 年 5 月 28 日至 2017 年 5 月 31 日收获, 副区面积 6 m<sup>2</sup>(3 m×2 m), 设 3 个重复.

### 1.3 测定指标与方法

#### 1.3.1 生育进程和发育指标

采用国家油菜区域试验记载标准观察记录不同处理的生育时期. 地上鲜质量为植株子叶节以上部分鲜质量, 根鲜质量为子叶节以下部分鲜质量. 将根系及地上部置 108 °C 杀青 30 min, 80 °C 烘干至恒质量后, 测定干物质量并计算根冠比.

#### 1.3.2 成熟期农艺性状及产量

成熟期从各小区连续取样 10 株, 考察株高、根颈粗细、分枝部位高低、分枝数等农艺性状, 并考察单株有效角果数、千粒质量、每角粒数等产量性状. 人工分小区收获, 晾晒 6 d 后脱粒、扬净、晒干、称质量.

#### 1.3.3 倒伏相关指标

参照孙盈盈<sup>[10]</sup>的方法进行. 于成熟期取 10 株油菜, 量取第一次有效分枝部位高度, 除去缩颈段后, 将其平均分为 4 段, 以 YDD-1 型茎秆强度测量仪(浙江托普仪器有限公司生产)分别测定每一段的抗折力, 计算倒伏指数; 倒伏指数(cm·g/g)=承载高度(cm)×鲜质量(g)/抗折力(g), 承载高度与鲜质量为测定茎段至植株顶部对应高度与鲜质量, 抗折力为该段中间抗折力.

### 1.4 数据处理

采用 DPS8.01<sup>[11]</sup> 统计软件进行数据统计和方差分析, 以最小显著法(least significant difference, LSD)检验显著性, 显著性水平均为 0.05, 用 Origin 9.0 软件作图.

## 2 结 果

### 2.1 陕油 28 与秦优 7 号生育期进程比较

由表 1 可知, 通过对陕油 28 和秦优 7 号的全生育期调查表明: 相同播期下, 种植密度增加, 陕油 28 和秦优 7 号生育期提前, 全生育期缩短; 相同密度下, 播期延后, 生育期进程延后, 全生育期缩短. M1 播期时, 陕油 28 平均进入抽薹期比秦优 7 号晚 4 d, 晚 2 d 进入初花期, 提早 2 d 进入盛花期, 提早 3 d 进入终花期, 平均生育期长度比秦优 7 号短 2 d. M2 播期相比于 M1 播期, 两个品种生育进程都延后, 生育期缩短, 生育期进程和生育期长度差异无明显变化.

表 1 陕油 28 和秦优 7 号生育期进程

月/日

播期	品种	密度	出苗期	抽薹期	初花期	盛花期	终花期	成熟期	生育期/d
M1	陕油 28	D1	9/27	3/19	4/1	4/7	4/20	5/27	248
		D2	9/27	3/19	4/1	4/7	4/20	5/27	248
		D3	9/27	3/18	4/1	4/6	4/19	5/26	247
		D4	9/27	3/17	3/31	4/6	4/19	5/26	247
	秦优 7 号	D1	9/27	3/15	3/30	4/9	4/23	5/29	250
		D2	9/27	3/15	3/30	4/9	4/23	5/29	250
		D3	9/27	3/14	3/29	4/8	4/22	5/28	249
		D4	9/27	3/13	3/29	4/8	4/22	5/28	249
M2	陕油 28	D1	10/5	3/23	4/3	4/8	4/22	5/28	240
		D2	10/5	3/23	4/3	4/8	4/22	5/28	240
		D3	10/5	3/23	4/2	4/7	4/21	5/27	239
		D4	10/5	3/22	4/2	4/7	4/21	5/27	239
	秦优 7 号	D1	10/5	3/19	4/2	4/10	4/25	5/30	242
		D2	10/5	3/19	4/2	4/10	4/25	5/30	242
		D3	10/5	3/19	4/1	4/9	4/24	5/29	242
		D4	10/5	3/18	4/1	4/9	4/24	5/29	241

## 2.2 不同密度和播期下陕油 28 与秦优 7 号农艺性状的比较

由表 2 可知,在相同播期下,种植密度增加,陕油 28 和秦优 7 号的株高、根茎粗、主花序、分枝数减少, D1 达到最大值,分枝部位高度增大, D1 处为最小值,结角密度先增加再减小, D2 处有最大值. 相同密度下,播期延后,株高、根茎粗、主花序长、分枝数、结角密度减小,分枝部位高度增加,品种间变化趋势一致. 相同播期和密度下,陕油 28 的株高、分枝部位高度和主花序长小于秦优 7 号,根茎粗、分枝数、结角密度大于秦优 7 号. 方差分析显示,播期、品种、密度对农艺性状的影响达到极显著水平,播期与品种的互作效应对株高、根茎粗、结角密度的影响达到显著水平,其他互作效应对于农艺性状影响不显著.

表 2 不同密度和播期下陕油 28 和秦优 7 号农艺性状的比较

播期	品种	密度	株高/ cm	根茎粗/ cm	分枝部位高/ cm	主花序长/ cm	分枝数	结角密度/ (个·cm <sup>-1</sup> )
M1	陕油 28	D1	180.03±4.63b	19.02±1.09a	93.42±3.71j	50.76±4.86a	6.98±0.52a	1.58±0.19ab
		D2	175.53±2.14c	18.88±0.80a	95.13±3.58ij	49.33±4.57b	6.33±0.67ab	1.61±0.19a
		D3	174.50±4.49cd	16.60±0.93bc	106.53±4.88de	43.25±3.53e	5.39±0.62bcd	1.44±0.20abc
		D4	171.71±4.63de	15.65±0.96cd	110.25±3.22bc	39.42±4.38g	4.67±0.57cdef	1.32±0.19abcde
	秦优 7 号	D1	186.56±2.78a	18.06±0.65ab	99.67±3.62gh	51.23±4.43a	5.71±0.61bc	1.22±0.10cde
		D2	185.73±2.34a	17.12±0.69bc	101.43±4.84fg	50.95±2.07a	5.33±0.56bcd	1.26±0.12bcde
		D3	184.71±3.18a	14.10±1.29de	108.81±2.46cd	44.95±4.16d	4.54±0.79def	1.11±0.12cde
		D4	177.17±3.73bc	11.07±1.73hi	115.34±4.68a	42.83±3.68e	4.21±0.78cde	1.03±0.14e
M2	陕油 28	D1	170.84±3.07e	14.29±1.32de	97.65±4.87hi	46.33±3.75c	5.01±0.61cde	1.30±0.12abcde
		D2	166.75±4.34f	13.60±1.73ef	100.33±4.89fgh	43.54±2.56e	4.57±0.53cdef	1.37±0.15abcd
		D3	162.81±2.75g	12.37±0.77fgh	108.91±3.99cd	39.61±3.62fg	4.22±0.69def	1.22±0.20cde
		D4	161.13±4.83g	11.87±1.68ghi	112.77±4.73ab	37.70±2.39h	4.02±0.58ef	1.14±0.18cde

续表 2

播期	品种	密度	株高/ cm	根茎粗/ cm	分枝部位高/ cm	主花序长/ cm	分枝数	结角密度/ (个·cm <sup>-1</sup> )
	秦优 7 号	D1	185.97±4.23a	14.13±0.94de	103.36±3.64ef	47.01±2.93c	4.52±0.54def	1.15±0.15cde
		D2	184.45±2.13a	13.34±1.17efg	106.32±2.38de	45.68±4.20d	4.27±0.65def	1.19±0.10cde
		D3	177.45±4.07bc	12.84±0.86efg	108.82±3.88cd	40.32±4.01f	4.13±0.67ef	1.07±0.18de
		D4	176.86±2.73bc	10.69±1.64i	115.25±3.04a	38.07±3.17h	3.57±0.53f	0.99±0.15e
方差分析	播期(M)		**	**	**	**	**	**
	品种(V)		**	**	**	**	**	**
	密度(D)		**	**	**	**	*	*
	M×V		*	**	NS	NS	NS	*
	M×D		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	V×D		NS	NS	NS	NS	NS	NS
	M×V×D		NS	NS	NS	NS	NS	NS

注: 表中数值后不同字母表示差异达到 0.05 显著水平, \* 和 \*\* 分别表示差异在 0.05 和 0.01 水平, NS 表示差异不显著, M×V, M×D, V×D, M×V×D 分别表示播期与品种、播期与密度、品种与密度、播期品种与密度之间的交互, 以下皆相同。

### 2.3 不同密度和播期下陕油 28 与秦优 7 号产量、产量构成因素和经济系数的比较

由表 3 可知, 相同播期, 种植密度增加, 单株有效角果数、每角粒数、经济系数减少, 千粒质量先增大后减小, 品种间无差异; 陕油 28 产量先增大后减小, 在 D3 密度处达到最大, 秦优 7 号产量一直减少, 在 D1 密度处有最大产量。播期延后, 单株角果数、每角粒数、千粒质量、产量都减小, 经济系数增大。相同密度与播期下, D1 密度, 陕油 28 产量小于秦优 7 号, D2、D3、D4 密度, 陕油 28 产量高于秦优 7 号。方差分析显示, 播期和品种对产量、产量构成因素与经济系数影响达到显著水平, 密度对单株角果数、每角粒数、产量的影响达到显著水平, 播期与品种、品种与密度交互效应对产量影响达到显著水平, 其他交互效应影响不显著。

表 3 不同播期和密度下陕油 28 与秦优 7 号产量和产量构成因素的比较

播期	品种	密度	单株有效角果	每角粒数	千粒质量/ g	实收产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	经济系数
M1	陕油 28	D1	273.26±3.23a	29.1±2.2ab	4.61±0.81a	3452.11±69e	0.385±0.057ab
		D2	249.81±4.52b	28.2±1.1abc	4.65±0.52a	3564.37±79c	0.379±0.052ab
		D3	175.32±3.22e	27.6±1.3bcde	4.60±0.64a	3689.24±79a	0.371±0.044ab
		D4	169.17±4.54f	26.1±1.1cde	4.57±0.92a	3514.99±55d	0.364±0.051ab
	秦优 7 号	D1	223.47±5.63c	28.4±1.7abc	4.71±0.93a	3642.25±59b	0.354±0.039ab
		D2	198.13±5.24d	27.6±1.7bcde	4.74±0.61a	3424.16±93e	0.351±0.059ab
		D3	143.83±4.64i	26.9±1.5bcde	4.69±0.57a	3217.35±91f	0.346±0.061b
		D4	136.26±4.24j	25.3±2.3e	4.66±0.59a	3109.58±55g	0.339±0.045b
M2	陕油 28	D1	176.39±4.35e	30.1±2.1a	4.39±0.53a	2809.35±72l	0.413±0.047a
		D2	144.08±3.26i	29.1±1.5ab	4.42±0.55a	2917.98±98j	0.402±0.064ab
		D3	126.97±5.33k	28.4±1.2abc	4.37±0.93a	3065.85±84h	0.386±0.068ab
		D4	121.64±4.57l	27.2±1.1bcde	4.31±0.54a	2889.73±95jk	0.374±0.068ab

续表 3

播期	品种	密度	单株有效角果	每角粒数	千粒质量/ g	实收产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	经济系数
	秦优 7 号	D1	164.56±3.65g	28.9±2.1ab	4.47±0.54a	2956.32±84i	0.388±0.061ab
		D2	147.45±5.31h	27.8±2.4abcd	4.51±0.51a	2864.25±64k	0.381±0.076ab
		D3	125.55±4.51k	27.5±1.5bcde	4.44±0.82a	2754.55±53m	0.373±0.067ab
		D4	105.43±3.67m	25.4±1.8de	4.40±0.84a	2645.37±91n	0.366±0.078ab
方差分析	播期(M)		**	*	*	**	*
	品种(V)		**	*	*	**	*
	密度(D)		**	*	NS	**	NS
	M×V		NS	NS	NS	*	NS
	M×D		NS	NS	NS	NS	NS
	V×D		NS	NS	NS	**	NS
	M×V×D		NS	NS	NS	NS	NS

## 2.4 不同密度和播期下陕油 28 与秦优 7 号干物质积累量的比较

由表 4 可知, 陕油 28 与秦优 7 号干物质积累量都依次为成熟期、花期、蕾薹期、苗期。相同播期, 种植密度增加, 干物质减少, 品种和生育期之间无差异; 陕油 28 根冠比先增大后减少, 秦优 7 号根冠比减少。相同密度, 播期延后, 干物质和根冠比减少, 品种与生育期之间无明显差异。相同播期, D1、D2 密度下陕油 28 干物质累计量少于秦优 7 号, D3、D4 密度下多于秦优 7 号, 相同播期和密度, 陕油 28 根冠比大于秦优 7 号。

表 4 不同密度和播期下陕油 28 与秦优 7 号的干物质积累量的比较

播期	品种	密度	苗 期		蕾 薹 期		花 期		成 熟 期	
			干物质/g	根冠比/%	干物质/g	根冠比/%	干物质/g	根冠比/%	干物质/g	根冠比/%
M1	陕油 28	D1	7.86±0.87a	11.31±0.83a	24.19±2.28a	14.53±0.42a	33.47±2.93ab	9.96±0.57ab	57.88±4.17ab	8.81±0.69a
		D2	7.25±1.25ab	11.44±0.82a	22.14±2.29a	14.67±0.62a	31.86±2.15ab	10.56±0.45a	56.09±3.33bc	8.93±0.51a
		D3	6.23±1.36ab	11.34±0.77a	17.32±1.21b	14.51±0.89a	30.77±2.79b	9.77±0.4ab	53.88±3.62c	8.67±0.44a
		D4	5.67±1.22bc	11.22±0.86a	11.39±1.52cd	13.84±0.74a	25.39±2.48c	9.61±0.98abc	48.29±3.33d	8.46±0.42a
	秦优 7 号	D1	7.74±0.87a	8.53±0.63bc	25.12±1.79a	11.76±0.74b	35.07±2.78a	9.01±0.48abcd	59.87±4.06a	7.91±0.52abc
		D2	6.94±0.81ab	8.39±0.33c	22.57±2.05a	11.54±0.47bc	33.69±2.35ab	8.94±0.69abcd	57.65±4.19ab	7.83±0.67abc
		D3	5.88±1.21bc	8.16±0.63c	15.31±1.33b	11.29±0.99bc	31.09±2.53b	8.83±0.66bcd	43.45±2.84ef	7.81±0.55abc
		D4	4.28±1.44cd	8.07±0.51c	10.51±1.84de	10.97±0.99bc	21.59±2.84d	8.72±0.57bcd	37.29±3.91hi	7.48±0.92abc
M2	陕油 28	D1	3.21±1.14de	10.23±0.44a	16.24±2.3b	14.89±0.33a	22.33±2.5cd	9.13±0.97abcd	45.81±2.96de	7.86±0.86abc
		D2	2.49±1.35e	10.44±0.97a	14.45±1.59bc	14.97±0.92a	16.82±2.05ef	9.19±0.74abcd	40.99±3.81fg	7.99±0.38ab
		D3	2.34±1.27e	10.21±0.85a	7.25±1.59ef	14.76±0.79a	15.64±2.07ef	9.11±0.89abcd	39.76±4.04gh	7.83±0.64abc
		D4	2.15±1.46e	10.08±0.4ab	6.62±1.47f	14.65±0.51a	13.82±2.03fg	9.02±0.53abcd	37.08±2.59hi	7.74±0.39abc
	秦优 7 号	D1	3.41±1.08de	7.89±0.62c	17.22±2.46b	10.45±0.63bc	24.02±2.24cd	8.03±0.55cd	46.87±3.56d	6.75±0.66bc
		D2	2.49±1.23e	7.81±0.35c	14.74±2.49b	10.13±0.78bc	17.68±2.93e	8.09±0.46cd	41.29±3.72fg	6.74±0.91bc
		D3	2.42±1.11e	7.72±0.37c	6.54±1.88f	9.97±0.51c	14.44±2.38efg	7.86±0.54d	36.43±3.24i	6.46±0.33bc
		D4	1.76±0.85e	7.64±0.69c	5.32±1.76f	9.88±0.92c	11.51±2.88g	7.88±0.58d	32.77±4.36j	6.31±0.38c

## 2.5 不同密度和播期下陕油 28 与秦优 7 号倒伏指数的比较和相关分析

由图 1 可知, 相同播期下, 密度增大, 陕油 28 的倒伏指数增大, 但增大幅度不显著, 秦优 7 号倒伏指数随着密度增加有显著的增大. 相同密度下, 播期延后, 两个品种倒伏指数都降低. 相同播期和密度, 陕油 28 的倒伏指数小于秦优 7 号. 由表 5 可知, 农艺性状与倒伏指数的相关性结果显示, 根茎粗、主花序长、分枝数、单株角果数和结角密度对陕油 28 倒伏指数有显著或极显著负效应, 分枝高度有极显著正效应, 主花序长和分枝数对秦优 7 号倒伏指数有显著负效应.

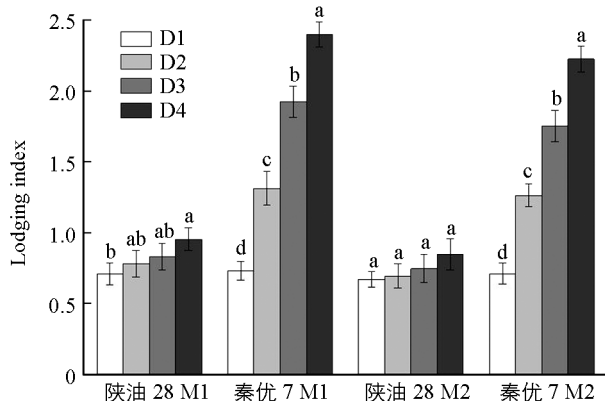


图 1 不同密度和播期下陕油 28 和秦优 7 号倒伏指数

表 5 陕油 28 和秦优 7 号农艺性状与倒伏指数间的相关系数

性状	株高	根茎粗	分枝部位高	主花序长	分枝数	单株有效角果	结角密度
陕油 28	-0.11	-0.40**	0.66**	-0.39*	-0.57**	-0.61**	-0.52**
秦优 7 号	-0.65	-0.6	0.51	-0.81*	-0.92**	-0.75	-0.72

注: \* 和 \*\* 分别表示显著水平为 0.05 和 0.01.

## 3 讨 论

水旱轮作为主的长江流域是我国油菜生产的优势区域, 也是我国油料生产最具发展潜力的地区, 其发展瓶颈在于缺乏生育期短的早熟油菜品种和配套生产技术<sup>[12]</sup>. 在“双低+杂优”的基础上, 适合机械化、轻简化栽培的品种, 应是近期油菜育种的重要目标<sup>[13]</sup>. 油菜产量由单株有效角果数、每角粒数、千粒质量构成, 根干质量也是决定油菜群体籽粒产量的主要因素, 根干质量越大, 籽粒产量越高; 粗壮的根系是油菜获得高产的关键<sup>[14]</sup>, 其他农艺性状也会作用于产量, 形成由多重因素调控的复杂关系<sup>[15]</sup>, 机械化品种主要是通过结角密度和单株角果数的提升增加产量<sup>[16]</sup>. 同时, 对于直播油菜而言, 密度和播期也是调控产量的关键条件和因素<sup>[17-20]</sup>. 油菜的成熟度直接关系到机械化联合收获的作业质量, 所以早熟品种也是油菜机械收割所必须的<sup>[21]</sup>. 油菜机械化收获损失率的高低和油菜植株高矮成正相关, 因此机械化收获要求油菜品种具有半矮秆性状, 减少机械损失率<sup>[22]</sup>. 适合油菜机械化收割的种植方式为高密度条件下直播, 选择油菜花期相对集中、结角层厚度适中、早熟耐高密度的品种, 并且缩短油菜上下部角果成熟时间上差异, 有利于机械化栽培模式<sup>[23-24]</sup>. 机械化收获要求油菜抗倒性好, 倒伏影响机收效率, 使上下层油菜成熟不一致, 增加油菜机收损失率. 油菜株高过高, 重心增加, 容易发生倒伏<sup>[25]</sup>, 油菜抗倒性随着种植密度提升而下降<sup>[26-27]</sup>, 随着种植密度提升, 油菜倒伏角度和倒伏指数都逐渐下降, 不同品种的下落幅度不相同<sup>[28]</sup>, 较矮的油菜品种抗倒伏能力较强<sup>[29]</sup>.

本研究表明: 种植密度增加, 陕油 28 产量总体上呈先升高后下降趋势, 高密度下产量更大, 秦优 7 号产量呈下降趋势, 低密度下产量更大, 所以陕油 28 更适宜在高密度条件下种植, 秦优 7 号更适宜在低密度条件下种植. 相同条件下, 相比于秦优 7 号, 陕油 28 的生育期具有开花晚、盛花早、花期终花早、花期短且集中、生育期短、生育进程表现前慢后快等特点. 陕油 28 的株高、主花序长度、分枝部位高度小于秦优 7 号, 根茎粗、分枝数、结角密度大于秦优 7 号, 这些特点使陕油 28 相比秦优 7 号更适合机械化栽培. 低密度条件下, 秦优 7 号干物质含量大于陕油 28, 高密度条件下, 陕油 28 干物质含量大于秦优 7 号. 相同播期和密度条件下, 陕油 28 根冠比大于秦优 7 号, 表明陕油 28 在根系发育更充分. 密度增加, 陕油 28 和秦优 7 号的倒伏指数增加; 播期延后, 倒伏指数都降低. 相同密度和播期下, 陕油 28 的倒伏指数小于秦优 7 号, 倒伏指数能反映作物抗倒伏能力的强弱, 说明陕油 28 的抗倒伏能力显著强于秦优 7 号. 根茎粗、主花序长、分枝数、单株角果数和结角密度对陕油 28 倒伏指数的负效应显著, 分枝部位高度对陕油 28 倒伏指数

有正效应,主花序长度和分枝数对秦优 7 号倒伏指数有负效应.相比秦优 7 号,对陕油 28 倒伏指数有负效应的农艺性状更多,这也与陕油 28 的倒伏指数小于秦优 7 号,抗倒伏能力强于秦优 7 号相符合.

## 4 结 论

陕油 28 相比于秦优 7 号,突出农艺性状特点是花期短且集中、生育期短、株高较低、分枝部位高度较低、主花序长度较小、根茎粗大、结角密度大、分枝数多、根冠比大.密度增加,陕油 28 产量先增加再减小,在 52.5 万株/hm<sup>2</sup> 达到最大产量,并且在高密度条件下,干物质含量稳定和抗倒伏性突出.根据生育期特点和不同密度与播期下的农艺性状、抗倒伏能力、干物质含量、产量指标判断,秦优 7 号适宜在低密度条件下栽培,陕油 28 适宜在高密度机械化条件下栽培.

## 参考文献:

- [1] 王汉中,殷艳.我国油料产业形势分析与发展对策建议[J].中国油料作物学报,2014,36(3):414-421.
- [2] 吴崇友,金诚谦,肖体琼,等.我国油菜全程机械化现状与技术影响因素分析[J].农机化研究,2007,29(12):207-210.
- [3] 金诚谦,吴崇友,石磊.油菜生产全程机械化技术体系关键技术研究[J].农机化研究,2010,32(5):221-223.
- [4] 关周博,田建华,郑磊,等.适宜机械化栽培的甘蓝型油菜农艺性状与单株产量的相关性分析及耐密油菜育种探讨[J].中国农学通报,2013,29(18):79-83.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] LEACH J E, STEVENSON H J, RAINBOW A J, et al. Effects of High Plant Populations on the Growth and Yield of Winter Oilseed Rape (*Brassica Napus*) [J]. The Journal of Agricultural Science, 1999, 132(2): 173-180.
- [8] MOMOH E J J, ZHOU W. Growth and Yield Responses to Plant Density and Stage of Transplanting in Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) [J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2001, 186(4): 253-259.
- [9] 陈新军,戚存扣,浦惠明,等.甘蓝型油菜抗倒性评价及抗倒性与株型结构的关系[J].中国油料作物学报,2007,29(1):54-57,62.
- [10] 孙盈盈.不同栽培措施对油菜产量及抗倒性的影响[D].武汉:华中农业大学,2016.
- [11] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:221-232.
- [12] 罗泽青,吴畏,肖晓华,等.油菜菌核病流行预测模型研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2016,41(3):81-84.
- [13] 傅廷栋.油菜生产品种改良与机械化[J].农业装备技术,2010,36(2):22-25.
- [14] 袁金展,马霓,张春雷,等.移栽与直播对油菜根系建成及籽粒产量的影响[J].中国油料作物学报,2014,36(2):189-197.
- [15] 薛远超,李加纳,刘列钊,等.甘蓝型油菜 EMS 诱变材料的耐湿性鉴定与筛选[J].西南师范大学学报(自然科学版),2012,37(4):76-80.
- [16] 高必军,李平,江洪.甘蓝型油菜若干农艺性状与单株产量的关系分析[J].生物数学学报,2007,22(1):137-144.
- [17] 田效琴,李卓,刘永红.施氮量和播种密度对不同熟期油菜干物质和产量的影响[J].核农学报,2019,33(4):798-807.
- [18] 任永峰,梅丽,杨亚东,等.播期对藜麦农艺性状及产量的影响[J].中国生态农业学报,2018,26(5):643-656.
- [19] 陈秀芳.油菜播期、蹲苗与倒伏[J].湖北农业科学,1984,23(8):12-15.
- [20] 张建,陈金城,唐章林,等.油菜茎秆理化性质与倒伏关系的研究[J].西南农业大学学报(自然科学版),2006,28(5):763-765.
- [21] 官春云,陈社员,吴明亮.南方双季稻区冬油菜早熟品种选育和机械栽培研究进展[J].中国工程科学,2010,12(2):4-10.
- [22] 王俊生,田建华,张继澍,等.紧凑型油菜株型性状的遗传及其与主要产量性状的相关性研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(6):7-12.
- [23] 李小勇,周敏,王涛,等.种植密度对油菜机械收获关键性状的影响[J].作物学报,2018,44(2):278-287.
- [24] 胡新洲,杨进成,适秀安,等.不同播期、密度和施肥量对山地油菜农艺性状和产量的影响[J].广东农业科学,2018,

45(10): 17-22.

- [25] 田保明, 袁志华, 王建平. 油菜茎秆抗倒伏的力学分析及综合评价探讨 [J]. 河南农业科学, 2005, 34(3): 30-32.
- [26] 刘唐兴, 官春云, 雷冬阳, 等. 播种密度对油菜倒伏指数的影响及品种抗倒性比较 [J]. 江西农业学报, 2008, 20(2): 1-3.
- [27] 李尧臣, 顾慧, 戚存扣. 抗倒伏甘蓝型油菜 (*Brassica napus* L.) 根和茎解剖学结构分析 [J]. 江苏农业学报, 2011, 27(1): 36-44.
- [28] 孙盈盈, 刘婷婷, 杨海燕, 等. 油菜茎秆特性与抗倒性及产量的关联研究 [J]. 湖北农业科学, 2014, 53(20): 4796-4801.
- [29] 彭旭辉. 甘蓝型油菜抗倒伏指标的选取及其 QTL 定位 [D]. 重庆: 西南大学, 2012.

## Comparison of Yield and Lodging Resistance of Shaanyou28 and Qinyou7 Grown in Different Density and Sowing Date

SONG Bo, ZHANG Xing-yan, LI De-fu, DONG Jun-gang

*Agricultural College, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China*

**Abstract:** In order to explore the characteristics of mechanized rapeseed cultivars, Shaanyou28, the first cultivar suitable for mechanized cultivation in Shaanxi province, and Qinyou7, the main cultivar in Huang-Huai area, were compared in a field experiment in 2016. Four densities were set: 225 000 plants/ha (D1), 375 000 plants/ha (D2), 525 000 plants/ha (D3) and 675 000 plants/ha (D4), and two sowing dates: September 22 (M1) and October 1 (M2). The results showed that compared with that of Qinyou7, the growth of Shaanyou28 was characterized by a slow growth in the early periods and a fast growth in the later periods: 4 days later in bolting, 2 days later in initial flowering, 2-3 days earlier in full bloom stage and final bloom stages, and 2 days shorter in the whole growth duration. Under the same density and sowing date, plant height, branching height and length of main inflorescence of Shaanyou28 were smaller than those of Qinyou7, and the diameter of root crown, branch number and the density of siliques were larger than those of Qinyou7. The economic coefficient of Shaanyou28 and Qinyou7 decreased with the increase in density, and increased with the delay of sowing. Under the same density and sowing date, the economic coefficient of Shaanyou28 was higher than that of Qinyou7. As density increased, seed yield of Shaanyou28 first increased and then decreased, with the highest yield at D3, being 3 689.24 and 3 065.85 kg/ha at M1 and M2, respectively. Under the same sowing date and density, the root-shoot ratio of Shaanyou28 was higher than that of Qinyou; and the dry matter accumulation of Shaanyou28 was lower than that of Qinyou7 under D1 and D2, and higher than that of Qinyou7 under D3 and D4. As planting density increased, the lodging index of Shaanyou28 slightly increased, while that of Qinyou7 significantly increased. The lodging index decreased in both cultivars with delayed sowing. With the same sowing date and density, Shaanyou28 had a significantly smaller lodging index than Qinyou7. Shaanyou28 had more negative regulation factors for lodging index than Qinyou7. In conclusion, compared with Qinyou7, Shaanyou28 has shorter and more concentrated flowering period, fewer days to maturity, thinner silique layer, higher silique density, higher yield under high density condition, more dry matter distribution to the root system and stronger lodging resistance, thus making it more suitable for mechanized cultivation.

**Key words:** Shaanyou28; Qinyou7; sowing date; density; agronomic character; lodging resistance