

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2017.03.003

# 云南超高产区甘蓝型油菜产量及相关特性研究<sup>①</sup>

董世青<sup>1</sup>, 李家纳<sup>1</sup>, 梁颖<sup>1</sup>,  
符明联<sup>2</sup>, 李根哲<sup>2</sup>, 贺斌<sup>3</sup>

1. 西南大学农学与生物科技学院, 重庆 400715; 2. 云南省农业科学院经济作物研究所, 昆明 650000;  
3. 云南省临沧市农业科学研究所, 云南 临沧 677000

**摘要:** 以 7 个甘蓝型油菜品种为试材, 比较研究了甘蓝型油菜在超高产区云南临沧和对照地重庆北碚(长江流域)产量形成的相关特性. 结果表明: 收获期云南临沧油菜株高低于重庆北碚, 茎粗、光合效率、单株干质量、产量、有效分枝数、有效角果数均极显著或显著高于重庆北碚; 经统计分析得出超高产油菜经济产量高主要是通过增加单株有效分枝数、一次分枝角果数和二次分枝角果数来实现的. 该研究可为油菜高产育种、栽培及代谢调控提供有益的参考资料.

**关键词:** 不同生境; 甘蓝型油菜; 超高产; 差异; 比较

**中图分类号:** S634.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2017)03-0017-06

油菜是我国第一大油料作物<sup>[1]</sup>. 油菜产业在国内食用油市场中具有举足轻重的地位<sup>[2]</sup>, 但是目前国内食用油自给率不足 40%, 需大量进口, 这严重影响了我国的食物安全. 我国油菜生产主要集中在长江流域<sup>[3]</sup>, 由于该区域冬季温光资源丰富, 油菜作为冬季作物生产面积发展潜力大. 但近年来油菜生产面积不升反降, 除油菜生产机械化程度低、农村劳动力缺乏等客观因素外, 油菜单产较低、生产效益差是限制油菜生产发展的主要因素. 本研究发现云南临沧、丽江等地区由于其得天独厚的自然气候条件, 油菜产量不但高产且稳产. 而目前长江流域油菜主产区, 即使在高投入(精耕细作, 加大水、肥)下也难以达到云南临沧等地区的单产. 以往的研究已知高产地区环境条件是创造高产的主要因素, 但这些外界条件到底对油菜生长有多大影响, 通过哪些产量形成因子来提高产量却不得而知. 如果能找到这些因子, 就可探求是否通过基因及激素调节等方法对其进行调控以实现提高产量的目的. 本研究以长江流域代表地重庆北碚为对照地, 比较研究了相同品种在云南超高产区和对照区油菜产量形成特性的差异, 探索甘蓝型油菜超高产形成的关键因子, 为高产油菜分子育种及产量调控提供参考资料.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本试验选用 SWU 矮系 1、SWU 早系 1、油研 727 选、油研 10 选、中双 9、中双 10、中双 11 共 7 个品

① 收稿日期: 2015-02-09

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(201310235023); 国家自然科学基金重点项目(U1302266).

作者简介: 董世青(1991-), 女, 重庆北碚人, 硕士研究生, 主要从事作物遗传育种研究.

通信作者: 梁颖, 教授.

种(2011年在两地所做预备试验中筛选). 该试验材料由西南大学油菜中心提供.

各油菜品种分别在油菜超高产区云南临沧与对照地重庆北碚种植(经多年观察试验, 具有代表性). 试验 3 次重复, 每个重复各取材料 60 株(10 株×6 行). 采用育苗移栽方式, 行株距为 50 cm×15 cm,  $1.33 \times 10^5 \text{ hm}^2$ . 统一进行常规管理, 在初花期、青荚期、收获期取样测定相关指标.

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 生长相关指标的测定

在相关时期分别取植株 10 株, 用常规方法测定植物株高、茎粗、鲜质量、干质量. 茎粗测地上部分株高 1/2 处茎秆直径.

### 1.2.2 光合效率的测定

分别测定从播种至初花期、播种至青荚期、播种至收获期的干质量增加量, 使用干质量增加量与各期间生长天数的比值来计算光合效率.

### 1.2.3 千粒质量、角粒数的测定

千粒质量采用常规方法测定. 角粒数测定: 选取一次分枝, 并在上部取 5 个角果, 中部取 10 个角果, 下部取 5 个角果, 合计 20 个角果, 计算粒数后求平均每角果粒数.

### 1.2.4 数据处理

数据采用 Dps\_7.05 软件进行统计分析.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生境下甘蓝型油菜光合效率比较

从图 1 可见, 云南临沧生境下甘蓝型油菜光合效率在生长前期与重庆北碚的差异并不具有统计学意义, 然而随着生长推进到青荚期, 前者比后者高出 80.17%, 其差异极具有统计学意义. 油菜生育进程到收获期时, 两种生境下光合效率相差 103.45%, 差异具有统计学意义. 表明超高产区云南临沧在油菜生殖生长期光合效率极高, 增加了植株干物质积累, 为产量形成提供了物质基础.

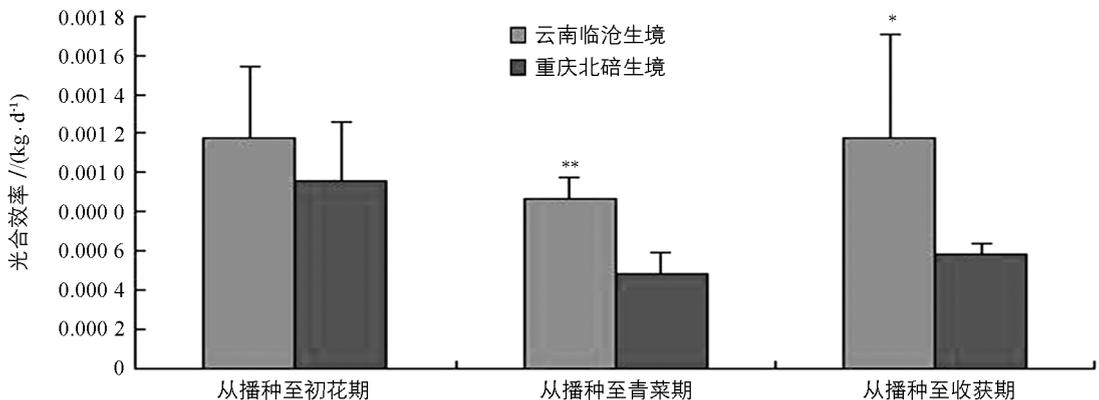


图 1 不同生境下甘蓝型油菜各个生育阶段光合效率比较

### 2.2 不同生境下甘蓝型油菜收获期形态特性比较

云南临沧甘蓝型油菜各品种收获期的株高均低于重庆北碚, 茎直径均大于重庆北碚, 且茎直径的差异极具有统计学意义( $p=0.01$ ), 其中株高差异最大的品种中双 9 号在两地相差 39.4 cm, 茎粗差异最大的品种中双 9 号在两地相差 1.17 cm(表 1). 此外, 绝大部分品种的生物产量都高于重庆北碚, 且差异具有统计学意义. 表明在超高产区云南临沧油菜植株为茎粗壮型, 有利于油菜同化物运输积累, 同时增强油株的抗倒伏能力.

表1 不同生境下甘蓝型油菜收获期形态特性比较

品 种	株高/cm			茎粗/cm			生物产量/kg		
	云南临沧	重庆北碚	差值	云南临沧	重庆北碚	差值	云南临沧	重庆北碚	差值
swu 矮系 1	156.50	165.40	-8.90	2.00	1.10	0.90	0.24	0.10	0.14
swu 早系 1	156.00	194.40	-38.40	1.67	0.96	0.71	0.49	0.12	0.37
油研 727 选	159.00	168.80	-9.80	1.95	0.96	0.99	0.20	0.13	0.07
油研 10 选	183.20	187.80	-4.60	1.89	1.04	0.85	0.15	0.12	0.03
中双 9 号	153.00	192.40	-39.40	2.03	0.86	1.17	0.2	0.11	0.09
中双 10 号	160.00	199.20	-39.20	1.96	1.10	0.86	0.22	0.13	0.09
中双 11 号	158.40	190.80	-32.40	1.65	1.14	0.51	0.17	0.12	0.05
平均	160.87	185.54	-24.67	1.88	1.02	0.86**	0.24	0.12	0.12*

注: \* 和 \*\* 分别表示在  $p=0.05$  和  $p=0.01$  水平下差异具有统计学意义和极具有统计学意义。

### 2.3 不同生境下甘蓝型油菜收获期产量特性比较

由表2可见,云南临沧的甘蓝型油菜经济产量极显著地高于重庆北碚.分析其产量组成指标(表2、图2)发现,云南临沧的甘蓝型油菜各品种一次有效分枝数均大于重庆北碚,差异极具有统计学意义(表2).绝大部分品种的主序、一次分枝、二次分枝的角果数都多于重庆北碚,其中主序角果数平均相差10.1个/株,一次分枝角果数平均相差126.8个/株,二次分枝角果数平均相差164.6个/株,并且一次分枝、二次分枝角果数的差异极具有统计学意义,主序角果数的差异具有统计学意义.而两地千粒质量及主序角粒数的差异不具有统计学意义.表明云南临沧生境有利于油菜分枝形成,且促进角果数增加.

表2 不同生境下甘蓝型油菜收获期产量特性比较

品 种	有效分枝数/(个·株 <sup>-1</sup> )			千粒质量/g			主序角粒数/粒			经济产量/g		
	云南临沧	重庆北碚	差值	云南临沧	重庆北碚	差值	云南临沧	重庆北碚	差值	云南临沧	重庆北碚	差值
swu 矮系 1	22.70	7.00	15.70	3.43	3.53	-0.10	20.30	17.35	2.95	69.98	23.43	46.55
swu 早系 1	16.40	8.40	8.00	3.59	3.06	0.53	22.70	23.21	-0.51	58.38	34.07	24.31
油研 727 选	21.40	9.00	12.40	3.02	3.51	-0.49	23.80	18.60	5.20	63.78	42.22	21.56
油研 10 选	21.00	9.60	11.40	2.77	3.63	-0.86	18.50	21.63	-3.13	34.36	31.64	2.72
中双 9 号	19.40	8.60	10.80	4.00	3.16	0.84	26.30	24.23	2.07	65.12	32.85	32.27
中双 10 号	22.00	9.80	12.20	4.30	3.88	0.42	22.10	22.91	-0.81	67.44	36.44	31.00
中双 11 号	17.20	8.20	9.00	3.38	3.18	0.20	26.20	20.34	5.86	52.97	21.36	31.62
平均	20.01	8.66	11.36**	3.50	3.42	0.07	22.84	21.18	1.66	58.86	31.72	27.14**

注: \* 和 \*\* 分别表示在  $p=0.05$  和  $p=0.01$  水平下差异具有统计学意义和极具有统计学意义。

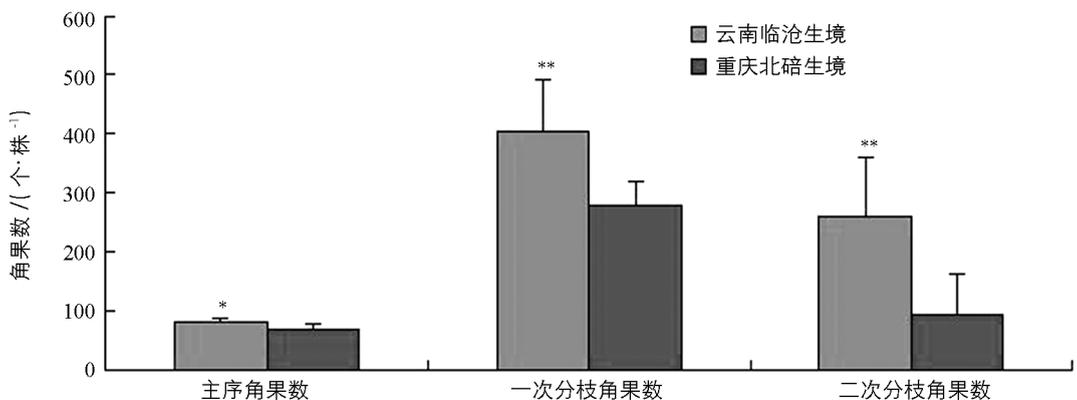


图2 不同生境下甘蓝型油菜收获期角果数比较

## 2.4 不同生境下甘蓝型油菜产量性状相关性分析

分析甘蓝型油菜经济产量与其形成因子的相关性(表 3),以找出造成经济产量差异的主要因子,结果发现经济产量与一次分枝角果数( $X_3$ )、二次分枝角果数( $X_4$ ),及有效分枝数( $X_6$ )呈极显著正相关(表 3).表明经济产量差异的主要因子是一次分枝角果数、二次分枝角果数及有效分枝数.

表 3 不同生境下甘蓝型油菜产量性状与产量的相关分析

	千粒质量	每角粒数	一次分枝角果数	二次分枝角果数	主序角果数	有效分枝数	经济产量
千粒质量	1.000 0						
每角粒数	0.200 0	1.000 0					
一次分枝角果数	0.080 0	0.140 0	1.000 0				
二次分枝角果数	-0.070 0	-0.030 0	0.61*	1.000 0			
主序角果数	-0.310 0	0.270 0	0.330 0	0.210 0	1.000 0		
有效分枝数	0.110 0	0.230 0	0.85**	0.67**	0.58*	1.000 0	
经济产量	0.390 0	0.440 0	0.80**	0.74**	0.260 0	0.84**	1.000 0

注: \* 和 \*\* 分别表示在  $p=0.05$  和  $p=0.01$  水平下差异具有统计学意义和极具有统计学意义.

## 2.5 不同生境下甘蓝型油菜产量性状主成分分析

由表 4 可知,特征值中前 3 个因子的累计贡献率已达到 87.01%,按照数量的确定原则取前 3 个主成分.第一主成分是一次分枝角果数、二次分枝角果数及有效分枝数,是最有效的指标,与产量关系最密切;第二主成分是千粒质量,也是比较有效的指标;第三主成分是每角粒数和主序角果数,可作参考指标.在这些指标中,一次分枝角果数、二次分枝角果数及有效分枝数与经济产量呈极显著正相关.因此,一次有效分枝角果数、二次有效分枝角果数及有效分枝数是造成两地经济产量差异方面最有效的指标,千粒质量、每角粒数及主序角果数可作为造成两地经济产量差异的参考指标.

表 4 不同生境下甘蓝型油菜产量性状与产量的系数及贡献率

性 状	编 号	特 征 向 量					
		因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6
经济产量/g	y	0.500	0.253	-0.043	-0.162	0.073	0.097
千粒质量/g	$X_1$	0.084	0.772	-0.042	0.459	0.311	0.154
每角粒数/粒	$X_2$	0.187	0.287	0.746	-0.499	-0.112	-0.037
一次分枝角果数/(个·株 <sup>-1</sup> )	$X_3$	0.467	-0.030	-0.166	0.161	-0.710	0.406
二次分枝角果数/(个·株 <sup>-1</sup> )	$X_4$	0.404	-0.144	-0.413	-0.474	0.491	0.170
主序角果数/(个·株 <sup>-1</sup> )	$X_5$	0.267	-0.478	0.492	0.440	0.375	0.352
一次有效分枝数/(个·株 <sup>-1</sup> )	$X_6$	0.506	-0.089	-0.003	0.265	-0.017	-0.805
特征根( $\lambda_i$ )		3.565	1.395	1.131	0.513	0.329	0.064
贡献率/%		50.927	19.924	16.159	7.321	4.702	0.920
累计贡献率/%		50.927	70.851	87.010	94.331	99.033	99.953

## 3 结论与讨论

油菜各生育期的生长状况对产量特性均有不同程度的影响.本试验探究油菜超高产形成的主要因子,对油菜收获期生长及产量特性进行比较研究,结果发现在超高产地区云南临沧生境下,甘蓝型油菜到青荚期由于云南临沧春季雨水开始增多,光合效率显著提高,重庆及长江流域光照强度及昼夜温差均低于云

南,光合效率低是造成干物质积累较低的主要原因.本研究在收获期对两地油菜株高、茎粗比较发现,超高产区云南临沧甘蓝型油菜株高较低,茎粗显著增大,分枝数增多,为粗壮型,究其原因可能是由于云南临沧地处云贵高原,试验区海拔1 500 m左右,光照充足,紫外线较强<sup>[4]</sup>,而重庆北碚(海拔250 m)及长江流域(海拔100~500 m)海拔较低所致.高海拔的光照多,特别是紫外光强,紫外光可以增加植物体内吲哚乙酸氧化酶的活性,从而促进了生长素氧化为3-亚甲基氧代吲哚<sup>[5]</sup>,使生长素促进细胞伸长的作用降低,从而抑制植物株高发育,而该地区春季光照充足,雨水增加有利于光合作用进行<sup>[6]</sup>,加之高原昼夜温差大,夜间温度低,夜间呼吸消耗减少,使总光合效率提高,干物质积累增多,所以地上部横向生长加快,茎粗增加,这样就缩短了运输距离、增加了运输通道的横切面积,有利于光合产物的运转<sup>[7]</sup>,从而促进地上部各器官发育,使植株分枝数、有效角果数均显著增加,提高油菜经济产量.

油菜到青荚期角果皮成为主要的光合器官,油菜产量形成先依靠茎叶的光合产物建成角果皮,再靠角果皮的光合产物充实种子,油菜角果的光合作用对油菜产量的形成起到至关重要的作用<sup>[8]</sup>.超高产区云南临沧在青荚期不但有效角果数多,有效分枝数多,而且还有较多的叶片保留在植株上,使之光合总面积较多——源强,合成同化物的能力高,光合产物多,推动了同化物的运输.而重庆北碚油菜在青荚期植株有效角果数及分枝数均较少,叶片脱落严重,光合积累少,从而影响籽粒干物质积累,这可能是导致产量低的主要原因.本研究也比较了两地油菜青荚期叶片光合速率,虽各品种表现不一,但平均差异不具有统计学意义,由于现有光合系统无法测定角果皮光合速率,所以该部分研究内容还不够完整,有待进一步研究.

本试验中云南临沧甘蓝型油菜有效角果数显著高于重庆地区,特别是一次分枝和二次分枝角果数尤为突出,统计分析也证明一次分枝和二次分枝角果数是产量差异的主要因子,可见超高产区库大是高产的重要原因.另外,本研究还发现重庆地区二次分枝角粒数较云南临沧少,籽粒也不够饱满,对其相关定量研究需进一步开展.

在油菜超高产区云南临沧生境下,油菜生长分枝多,叶片及角果光合面积较大,光合效率高——源增强,是其高产的主要原因;植株一次分枝和二次分枝有效角果数多——库增大,是高产的重要原因.

#### 参考文献:

- [1] 胡茂龙,龙卫华,高建芹,等.甘蓝型油菜谷胱甘肽过氧化物酶基因克隆和非生物胁迫下的表达[J].中国油料作物学报,2011,33(4):331-337.
- [2] 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.
- [3] 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):057-064.
- [4] 简少芬,钟楚,李世成,等.云南低纬地区气候生产潜力变化及其与水稻产量的关系——以临沧市临翔区为例[J].云南农业大学学报(自然科学版),2012,27(2):263-269.
- [5] 张东方,许可,陈松泉,等.紫外光B辐射处理对水稻几种酶活性及结实的影响研究初报[J].广东农业科学,2009(8):31-33.
- [6] 孙凡,赵靖明,姚小华,等.水分胁迫逆境处理对水土保持经济树种长山核桃的生理特性的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2014,36(4):1-7.

- [7] 何秀英, 廖耀平, 陈钊明, 等. 高收获指数型水稻品种粤香占光合产物运转与分配特性的研究 [J]. 华南农业大学学报, 2000, 21(3): 5—8.
- [8] 李凤阳, 何激光, 官春云. 油菜叶片和角果光合作用研究进展 [J]. 作物研究, 2011, 25(4): 405—408.

## A Study on Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.) and the Characters Related to It in a Super-High-Yield Area in Yunnan

DONG Shi-qing<sup>1</sup>, LI Jia-na<sup>1</sup>, LIANG Ying<sup>1</sup>,  
FU Ming-lian<sup>2</sup>, LI Gen-zhe<sup>2</sup>, HE Bin<sup>3</sup>

1. College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. Institute of Oil Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650000, China;
3. Lincang Institute of Agricultural Sciences, Lincang Yunnan 677000, China

**Abstract:** In order to provide valuable reference for high-yield breeding, cultivation and metabolism regulation of rapeseed (*Brassica napus* L.), seven common varieties of *B. napus* were grown in Lincang, Yunnan, which is a super-high-yield cultivation area of the crop, with those grown in Beibei, Chongqing as the control, and the characters related to the formation of oilseed yield were studied. The results showed that at the harvest stage, the plant height of *B. napus* in Lincang was lower than that in Beibei; while its stem diameter, dry weight per plant, yield, the number of effective branches and the number of effective pods were (highly) significantly higher than those in Beibei. Statistical analysis indicated that the high economic yield of *B. napus* in ultra-high-yield areas was mainly attributed to increased number of efficient branches per plant and more pods on the primary and the secondary branches of the plant.

**Key words:** different habitats; *Brassica napus* L.; super-high-yield; difference; comparison

责任编辑 夏 娟

