

徐 亮. 不同海拔条件下春油菜光合生理和产油量的响应[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(1): 92–94.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.01.026

不同海拔条件下春油菜光合生理和产油量的响应

徐 亮

(青海省农林科学院油菜所/国家油料改良中心青海分中心/农业部春油菜科学观测实验站/
青海省春油菜遗传改良重点实验室, 青海西宁 810016)

摘要:以 3 个甘蓝型春油菜 DH 系为材料, 研究不同海拔环境的油菜叶片叶绿素含量、光合生理、产油量及其相互关系。结果表明, 青海晴天条件下, 春油菜苗期净光合速率日变化呈“单峰”曲线, 无明显的光合“午休”现象, 高海拔区域油菜的净光合速率高于低海拔地区, 光合速率主要受相对湿度、温度等环境因子的影响; 初花期, 高海拔区油菜叶片的叶绿素含量和净光合速率显著高于低海拔区, 叶片叶绿素含量与净光合速率呈极显著正相关; 高海拔区油菜种子生长发育时间长于低海拔区, 千粒质量、含油量、小区产油量均显著高于低海拔区; 叶绿素含量、光合速率均与小区产油量间呈极显著正相关。

关键词:甘蓝型春油菜; 产油量; 叶绿素含量; 光合生理

中图分类号: S634.301 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)01-0092-03

在油菜种植面积不能扩大的情况下, 提高油菜产油量是缓解我国植物油供需矛盾的重要途径。油菜单产和种子含油量是产油量的 2 个构成因素, 也是我国油菜主要育种目标。我国春油菜分布较广, 经纬度和海拔高度跨度较大, 导致不同产区春油菜单产和种子含油量差异较大^[1-2], 如青杂 5 号在

青海东部最高产量为 4 500 kg/hm², 而在柴达木盆地产量可达 6 750 kg/hm²^[3]。光合作用是植物生长发育和干物质形成的主要来源。影响光合作用的因素包括光照、二氧化碳浓度、温度、水、肥、植物基因型、栽培技术等, 上述内容已有较多研究报道^[4-12], 而环境条件对春油菜光合作用和产油量的影响研究报道较少。本试验研究了 3 个品种在高、低海拔条件下叶片叶绿素含量、光合作用、产油量及其相关性, 以期明确春油菜光合生理和产油量性状对海拔环境的响应。

收稿日期: 2015-11-14

基金项目: 青海省(应用)基础研究计划(编号: 2013-Z-719); 国家油菜产业技术体系专项(编号: CARS-13); 青海省重点实验室发展专项(编号: 2014-Z-Y11)。

作者简介: 徐 亮(1979—), 男, 江西南昌人, 硕士, 副研究员, 从事春油菜遗传育种研究。Tel: (0971) 5311311; E-mail: qhrapelab@126.com。

3 300.0 kg/hm², 三者产量均超过 3 000.0 kg/hm², 直播种植以稻田套播产量较高, 达到 3 150.0 kg/hm², 稻后直播种植产量为 2 899.5 kg/hm², 可见目前油菜生产上常用的种植方式只要措施得当均能取得高产。但油菜移栽种植的成本远高于直播种植, 试验表明 3 种移栽种植的用工成本平均为 8 950 元/hm², 是 2 种直播种植 6 720 元/hm² 的 1.33 倍。在生产用工成本中, 油菜人工收获的用工数平均为 66.9 工/hm², 约占油菜一生总用工量的 39.82%, 由于油菜收获季节工价较高, 人工收获的用工成本占油菜一生用工总成本的 50.95%, 即油菜生产用工成本中约有 50% 为收获用工成本。如改人工收获为机械收获, 还能进一步降低生产用工成本, 提高经济效益^[10]。因此, 在目前生产条件下, 如茬口允许, 宁杂 21 号应尽可能采用直播种植、机械收获生产方式, 这是降低油菜生产成本、提高经济效益的有效途径。

参考文献:

- [1] 傅寿仲. 双低油菜核心竞争力研究——油菜栽培及其成本效益分析[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(3): 100–104.
- [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

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择不同海拔区种植含油量有显著差异的 3 个甘蓝型春

响因素分析[J]. 农机化研究, 2007(12): 207–210.

- [3] 吴崇友, 易中懿. 我国油菜全程机械化技术路线的选择[J]. 中国农机化, 2009(2): 3–6.
- [4] 傅寿仲, 戚存扣, 唐继宏. 甘蓝型油菜(*B. napus* L.) 胞质雄性不育系 MICMS 的选育[J]. 作物学报, 1989, 15(4): 305–309.
- [5] 傅寿仲, 浦惠明, 戚存扣, 等. 双低油菜胞质雄性不育系宁 A6 的遗传及其利用研究[J]. 江苏农业学报, 1998, 14(4): 193–197.
- [6] 浦惠明, 戚存扣, 傅寿仲, 等. 甘蓝型双低油菜细胞质雄性不育系宁 A7 的选育研究 I. MICMS 双低不育系宁 A7 的回交选育[J]. 江苏农业学报, 2001, 17(2): 69–72.
- [7] 刘翠莲, 刘维红, 刘雪基, 等. 油菜宁杂 21 号与西兰花套种高产栽培技术[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(4): 99–100.
- [8] 浦惠明, 龙卫华, 高建芹. 油菜全程机械化生产配套农艺技术研究 I. 不同播期和密度对直播油菜产量和经济性状的影响[J]. 江苏农业科学, 2009(3): 48–51.
- [9] 浦惠明, 龙卫华, 高建芹. 油菜全程机械化生产配套农艺技术研究 II. 不同种植方式对油菜株型结构及经济性状的影响[J]. 江苏农业科学, 2009(4): 79–81.
- [10] Pu H M, Long W H, Liu X J, et al. Comparison of benefits from different planting models of Ningza No. 21[J]. Agricultural Science & Technology, 2014(10): 159–166, 182.

油菜品种,分别来源于 3 个杂交组合 F₁ 小孢子培养获得的 DH 系,由青海省农林科学院春油菜研究所提供。

1.2 试验设计

每个 DH 系种子分成 2 份,2014 年分别播种在青海省民和县松树乡莲花台村(36°21′34.24″N,102°41′19.58″E,海拔 1 850 m;春油菜含油量和产量较低的区域)、青海省互助县台子乡新城村(36°54′27.46″N,101°56′40.76″E,海拔 2 670 m;春油菜含油量和产量较高的区域)试验地,随机区组设计,3 次重复,每小区种 4 行,行长 2 m,行距 30 cm,株距 15 cm,肥水管理和病虫害防治按常规进行。

1.3 分析与测定

苗期光合作用测定:2 个海拔环境条件下油菜生长至 7 叶期,分别选择无风的晴天,检测 1 d 的光合生理参数,从 10:30、12:00、13:30、15:00、16:30 开始检测,每小区检测 3 个单株,每个单株检测倒 3 叶(做好标记,每个时间段均检测该叶片),2 个环境均按相同的材料顺序进行检测。采用光合作用测定仪 GFS-3000 检测,仪器参数设置:气体交换流速设为 750,CO₂ 和 H₂ 的浓度不控制,叶室温度跟随外界环境温度,叶室风扇速度设为 5,叶室光强模式设置为叶片上部,光源为自然光。

初花期光合效率和叶绿素含量测定:每个环境选择晴天 10:30 进行检测,每个小区检测 3 个单株,每个单株检测主花序以下第 3 张长柄叶,2 个环境均按相同的材料顺序进行检测,检测方法同上。采用 SPAD-502Plus 检测叶绿素含量,每

个小区检测 12 个单株,每个单株检测主花序以下第 3 张长柄叶。成熟后考察小区产量,检测种子千粒质量、含油量,含油量采用意大利 VELD SER148/6 脂肪测定仪检测。采用 DPS 数据处理系统 V12.5 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同海拔条件下苗期光合参数日变化比较

2 个海拔条件下叶片光照强度、温度、蒸腾速率、净光合速率日变化均呈先上升后下降的趋势,净光合速率高峰值出现在 10:30 前后,叶室相对湿度日变化呈逐渐下降的趋势。互助县试验点的光照强度、净光合速率总体高于民和县试验点,而温度、蒸腾速率低于民和县试验点;相同检测时间点的叶片温度、叶室相对湿度、蒸腾速率在 2 个海拔条件下差异明显,在 12:00、13:30、15:00、16:30 4 个检测时间点的光照强度在 2 个海拔条件下差异明显,10:30、12:00 检测时间点的净光合速率在 2 个海拔条件下差异显著。2 个海拔条件下光合效率高峰值均出现在上午,没有明显的光合“午休”现象(表 1)。对 2 个海拔条件下光合参数进行相关分析,温度、净光合速率呈负相关,相关系数为 -0.627 5,相对湿度与净光合速率为极显著正相关,相关系数为 0.904 5,而光照强度与净光合速率的相关系数较小,为 0.019 7,表明在青海省晴天条件下,影响光合速率的主要环境因素为相对湿度和温度,湿度降低、温度升高会降低光合速率。

表 1 不同海拔条件下春油菜光合参数日变化比较

时间	青海互助县					青海民和县				
	叶面光强 [μmol/ (m ² ·s)]	叶片 温度 (℃)	叶室相 对湿度 (%)	蒸腾速率 [mmol/ (m ² ·s)]	净光合速率 [μmol/ (m ² ·s)]	叶面光强 [μmol/ (m ² ·s)]	叶片 温度 (℃)	叶室相 对湿度 (%)	蒸腾速率 [mmol/ (m ² ·s)]	净光合速率 [μmol/ (m ² ·s)]
10:30	1 689.08	18.35	76.28	5.82	31.15	1 693.36	23.53	61.08	7.61	28.95
12:00	2 101.70	21.26	65.97	6.87	30.77	1 935.75	27.95	47.75	8.9	28.06
13:30	2 193.44	24.68	48.88	6.05	24.7	1 812.44	29.24	40.38	8.41	23.05
15:00	2 138.29	24.31	45.15	5.83	25.33	1 756.88	30.78	38.48	9.52	23.59
16:30	1 816.35	22.38	44.58	5.47	22.45	1 664.25	30.34	38.83	10.69	24.45

2.2 不同海拔条件下初花期叶片叶绿素含量和光合效率比较

3 个品种均表现出高海拔条件下叶绿素含量高于低海拔的,差异明显。油菜初花期 10:30—12:00 时间段的环境因子中,高海拔条件下的相对湿度高于低海拔区,差异明显,而环境 CO₂ 浓度、温度均低于低海拔区;光合生理指标中,高海拔环境下的净光合速率、胞间 CO₂ 浓度、水分利用效率高于低

海拔的,净光合速率差异明显,水分利用效率差异显著,而蒸腾速率、叶片气孔导度低于低海拔的,蒸腾速率差异明显(表 2)。相关分析表明,叶片叶绿素含量与净光合速率相关系数为 0.957 1,达极显著正相关。

2.3 不同海拔条件下春油菜产油量相关性状比较

相同品种在 2 个海拔区产油量性状均有差异,高海拔条

表 2 不同海拔条件下叶绿素含量及光合参数比较

地点	品种	叶绿素含量 (SPAD 值)	光合环境因子				光合生理指标			
			相对湿度 (%)	CO ₂ 浓度 (μmol/mol)	温度 (℃)	蒸腾速率 [mmol/ (m ² ·s)]	叶片气孔导度 [mmol/ (m ² ·s)]	净光合速率 [μmol/ (m ² ·s)]	胞间 CO ₂ 浓度 (μmol/mol)	水分利用效率 (μmol/mmol)
青海民和县	1	53.24	68.00	335.25	28.96	7.81	404.07	25.22	219.88	3.23
	2	54.86	73.82	354.51	28.96	8.52	701.99	27.21	243.99	3.19
	3	54.37	78.30	338.41	29.48	7.89	580.29	25.40	255.12	3.22
	平均	54.16	73.37	342.72	29.13	8.07	562.12	25.94	239.66	3.21
青海互助县	1	56.29	77.48	311.95	19.82	4.61	419.80	28.35	226.93	6.15
	2	57.52	85.20	320.18	18.00	5.42	412.41	29.87	291.27	5.51
	3	55.64	87.50	321.35	17.17	5.49	531.25	28.40	265.47	5.17
	平均	56.48	83.39	317.83	18.33	5.17	454.49	28.87	261.22	5.61

配对 2 处理 t 检验 P=0.049 9 P=0.004 6 P=0.038 8 P=0.007 2 P=0.007 4 P=0.366 2 P=0.002 3 P=0.236 5 P=0.013 6

件下油菜种子生长发育时间长于低海拔区,小区产量、种子千粒质量、含油量、小区产油量均高于低海拔区,且 2 个环境间差异明显(表 3)。相关分析结果表明,种子生长发育时间与千粒质量、小区产量呈显著正相关,相关系数分别为 0.870 3、

0.818 2,表明油菜种子生长发育时间的延长有利于提高种子千粒质量和小区产量,推测油菜开花至成熟时间的长短可能是提高含油量大粒、高产等性状的田间选择指标。

表 3 不同海拔条件下春油菜产量性状比较

地点	品种	种子生长发育时间 (d)	小区产量 (g)	千粒质量 (g)	含油量 (%)	小区产油量 (g)
青海民和县	1	53.0	1 256.5	3.54	41.54	521.95
	2	49.0	1 342.7	2.92	43.61	585.55
	3	49.0	1 127.8	3.16	43.26	487.89
	平均	50.3	1 242.3	3.21	42.80	531.70
青海互助县	1	76.0	1 489.5	4.38	46.24	688.74
	2	67.0	1 511.6	3.44	51.40	776.96
	3	61.0	1 308.9	3.66	50.28	658.11
	平均	68.0	1 436.7	3.83	49.31	708.44
配对 2 处理 <i>t</i> 检验		<i>P</i> = 0.030 9	<i>P</i> = 0.010 1	<i>P</i> = 0.030 1	<i>P</i> = 0.019 8	<i>P</i> = 0.001 9

2.4 春油菜叶绿素含量、光合速率与产油量性状的相关分析
2 个海拔条件下的 3 个油菜品种初花期叶绿素含量、光合速率分别与小区产油量进行相关分析,结果表明,叶绿素含量、光合速率与小区产油量均达到极显著正相关,相关系数分别为 0.940 9、0.979 6。表明通过遗传改良或栽培技术提高油菜叶绿素含量和光合速率,可以有效提高油菜的产油量。

3 结论与讨论

青海高海拔条件下春油菜产量高于低海拔环境,且差异明显,与张大琼等研究冬油菜的结果^[13]正好相反。高海拔环境下的油菜单株角果数、角粒数、千粒质量 3 个产量相关性状均高于低海拔条件下,但只有千粒质量间达到显著差异。相关分析表明,单株产量与千粒质量的相关系数最大,因此千粒质量较大是春油菜高海拔条件高产的主要原因。千粒质量的 2 个决定因素分别为种子干物质积累速度和生长发育时间,研究表明,高产环境下种子发育过程中干物质积累速度并不比低产环境下快,而高产环境下种子发育时间显著长于低产环境,因此种子生长发育时间长是千粒质量增大的关键因素,进而提高单株产量,与陈苇等的研究结果^[14]相同。表明种子生长成熟时间可能是春油菜重要的育种性状之一,能有效选择出高产单株。

光合速率与多种环境因子相关。宋丰萍等研究认为,干旱胁迫导致 3 个油菜品种的净光合速率降低^[15];巨霞研究了春油菜在青海条件下苗期和花期的光合速率日变化,结果苗期无光合“午休”现象,花期出现了明显的光合“午休”现象,而青海春油菜苗期日最高温度显著低于花期的日最高温度^[16];赵小光等研究认为,在阴天由于光强和温度较低不会发生“光午休”^[17];胡会庆等认为,油菜的光合速率存在着因气象生态因子的日变化而引起的日变化,表现出上午高、下午低的光合日变化现象,在高温、高光强条件下,油菜叶片存在着明显的光合午休现象,这种现象是油菜自身生物节律(生物钟)和各种外界环境条件共同作用的结果^[18];本研究结果表明,春油菜在高海拔区的光合速率主要受相对湿度和温度的影响,干旱和高温会降低光合速率,与前人研究结果基本一致。

参考文献:

[1] 张友贵,王兆木. 从气候条件对油菜产量及品质的影响看新疆油

菜的合理布局[J]. 新疆农业科学,1982(6):12-14.
[2] 徐 亮,赵志刚,余青兰,等. 青海省甘蓝型商品油菜籽含油量调查[J]. 青海大学学报(自然科学版),2011,29(4):1-4,43.
[3] 陈 芃,唐国永. “青杂 5 号”春油菜再创青海省单产历史最高纪录[N]. 青海日报,2011-12-14.
[4] 徐田军,董志强,兰宏亮,等. 低温胁迫下聚糠萆合剂对玉米幼苗光合作用和抗氧化酶活性的影响[J]. 作物学报,2012,38(2):352-359.
[5] 阮志平,唐源江,李开阔. 几种化学调控剂对低温胁迫下董棕和短穗鱼尾葵幼苗光合作用的影响[J]. 热带作物学报,2012,33(3):517-522.
[6] 曾令杰,林茂兹,李振方,等. 连作对太子参光合作用及药用品质的影响[J]. 作物学报,2012,38(8):1522-1528.
[7] 宗毓铮,王雯玥,韩清芳,等. 喷施硼肥对紫花苜蓿光合作用及可溶性糖源库间运转的影响[J]. 作物学报,2010,36(4):665-672.
[8] 于 佳,于显枫,郭天文,等. 施氮和大气 CO₂ 浓度升高对春小麦拔节期光合作用的影响[J]. 麦类作物学报,2010,30(4):651-655.
[9] 杜伟莉,高 杰,胡富亮,等. 玉米叶片光合作用和渗透调节对干旱胁迫的响应[J]. 作物学报,2013,39(3):530-536.
[10] 张艳艳,张永丽,石 玉,等. 测墒补灌深度对小麦旗叶光合作用和产量的影响[J]. 麦类作物学报,2014,34(9):1233-1238.
[11] 苏旺苍,孙兰兰,张 强,等. 甲咪唑烟酸在土壤中的残留对后茬小麦幼苗生长和光合作用的影响[J]. 麦类作物学报,2013,33(6):1226-1231.
[12] 侯 伟,孙爱花,杨福孙,等. 低温弱光对西瓜幼苗光合作用和抗氧化酶活性的影响[J]. 热带作物学报,2015,36(7):1232-1237.
[13] 张大琼,徐洪志,曾 川,等. 两个海拔高度下甘蓝型油菜主要农艺性状及其对产量的影响[J]. 西南农业学报,2007,20(3):362-364.
[14] 陈 苇,李劲峰,张国建,等. 特大粒甘蓝型油菜籽粒和角果发育形态特征[J]. 中国油料作物学报,2013,35(6):658-664.
[15] 宋丰萍,蒙祖庆,次仁德吉,等. 干旱胁迫对油菜花期光合特性的影响[J]. 西北农业学报,2014,23(8):99-105.
[16] 巨 霞. 不同类型油菜品种叶片的光合日变化特性[J]. 贵州农业科学,2013,41(7):31-35.
[17] 赵小光,张耀文,田建华,等. 不同天气下甘蓝型油菜光合日变化研究[J]. 江西农业学报,2013,25(5):25-27,37.
[18] 胡会庆,刘安国,王维金. 油菜光合速率日变化的初步研究[J]. 华中农业大学学报,1998,17(5):430-433.