

# 不同种植密度和施肥量对杂交油菜叶片叶绿素含量和产量的影响

王继玥<sup>1</sup>, 宋海星<sup>1</sup>, 官春云<sup>2\*</sup>, 刘 强<sup>1</sup>, 荣湘民<sup>1</sup>, 彭建伟<sup>1</sup>, 谢桂先<sup>1</sup>, 张玉平<sup>1</sup>

(1. 湖南农业大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410128; 2. 国家油料改良中心 湖南分中心, 湖南 长沙 410128)

**摘要:** 采用大田小区试验, 在6个种植密度和5种施肥水平的不完全方案下, 研究优质杂交冬油菜新品种湘杂油763的油菜叶片叶绿素含量和产量的变化。叶片叶绿素含量的测定结果表明: 在同一种植密度条件下越冬期和盛花期叶片叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素含量均随施肥量的增加而增加。同一施肥量下, 只有越冬期叶片叶绿素a含量随着密度的增加而减少, 叶绿素b和总叶绿素含量无此规律。叶片叶绿素与籽粒产量之间极显著正相关。

**关键词:** 油菜; 种植密度; 施肥量

中图分类号: S147.2; S565.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)01-0013-05

## Effects of Planting Densities and Fertilizer Application Levels on the Chlorophyll Contents in Functional Leaf and the Grain Yield and Quality of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)

WANG Ji-yue<sup>1</sup>, SONG Hai-xing<sup>1</sup>, GUAN Chun-yun<sup>2\*</sup>, LIU Qiang<sup>1</sup>, RONG Xiang-min<sup>1</sup>, PENG Jian-wei<sup>1</sup>, XIE Gui-xian<sup>1</sup>, ZHANG Yu-ping<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Hunan Agricultural University, Changsha 410128 China; 2. National Center of Oilseed Crops Improvement, Hunan Branch, Changsha 410128, China)

**Abstract:** Studies on the changes of grain yield and the chlorophyll contents in the functional leaf of a new hybrid winter oilseed rape variety (Xiang hybrid No. 763) under the treatments of 6 planting densities and 5 fertilizer application levels in the field plot experiment. The results of chlorophyll determination showed that, the contents of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll during the winter and flowering stages increased along with the increase of fertilizer application amount under the same planting density. The content of chlorophyll a decreased along with the increase of planting density during the winter stage under the same fertilizer application level. But the content of chlorophyll b and total chlorophyll did not show the law like this. The correlation between grain yield and chlorophyll of leaf was extremely significant.

**Key words:** oilseed rape; planting density; fertilizer application rate

收稿日期: 2010-09-14 修回日期: 2010-12-09

基金项目: 国家油菜产业技术体系建设项目(00509)、国家“863项目”(2006BAD21B03)、国家自然科学基金项目(30971860)和湖南省自然科学基金重点项目(07JJ3074)

作者简介: 王继玥(1984—), 男, 硕士生, 主要从事植物营养与肥料研究, E-mail: acute2803764@163.com; \* 通讯作者: 官春云, 院士, E-mail: guancy2000@yahoo.com.cn.

已有的研究<sup>[1-5]</sup>表明增加施肥量可以促进个体生长从而提高籽粒产量。增加种植密度,同样能促进群体生长和增加群体产量。艾复清<sup>[6]</sup>研究表明,施肥量和密度对油菜单株有效角果数和产量均有显著影响,对单株有效角果数的影响是密度大于施肥量,而对产量的影响则是施肥量大于密度,施肥量和密度对于油菜每角粒数和干粒重的影响不显著。施肥量对油菜农艺性状和产量的影响已有很多报道,但是,不同种植密度和施肥量对油菜叶片叶绿素含量及其与籽粒产量的关系方面研究报道较少。本文以优质杂交冬油菜新品种湘杂油763为研究材料,在6个种植密度条件下,研究油菜叶片叶绿素含量和籽粒产量对不同施肥水平的反应差异,探讨其生长规律与需肥特性。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本研究采用田间小区试验,在湖南省浏阳市永安镇红旗村进行。供试油菜品种为湘杂油763;供试土壤为第四纪红土发育的红黄泥,其基本理化性状如表1所示。供试肥料:氮肥用尿素(含氮46%)、磷肥用钙镁磷肥(含五氧化二磷12%)、钾肥用氯化钾(含氧化钾60%)、硼肥用硼砂(含硼11.3%)。

表1 供试土壤基本化学性质

Tab.1 Basic chemical characteristics of soil

有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	全磷/ (g·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	全钾/ (g·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	全硫/ (g·kg <sup>-1</sup> )	速效硫/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效硼/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
OM	Total N	Alk-hyd. N	Total P	Avail. P	Total K	Avail. K	Total S	Avail. S	Avail. B
31.73	0.85	111.80	0.86	5.86	14.36	52.29	0.49	43.15	0.26

### 1.2 试验设计

本试验设种植密度和施肥量2个因子,种植密度设6个水平,分别为7.5、15、22.5、30、37.5、45万株/hm<sup>2</sup>;施肥量根据湖南省农业厅的研究结果<sup>[7]</sup>和试验区土壤速效磷钾含量比较低的情况,在固定氮磷钾配比条件下设5个水平(由低到高分别用0、1、2、3、4表示),每水平的施肥量见表2,共30个处理,重复3次,共90个小区,每小区面积为20 m<sup>2</sup>(其中5 m<sup>2</sup>为采样区,15 m<sup>2</sup>为测产区),随机区组排列。50%氮肥、60%钾肥和全部磷硼肥作基肥一次撒施,20%氮肥和20%钾肥作苗肥,其余氮钾肥作苔肥兑水浇施。

表2 不同处理的施肥量

Tab.2 Applying fertilizer amounts under different treatments

施肥水平 Fertilizer rate	氮/(kg·hm <sup>-2</sup> ) N	五氧化二磷/(kg·hm <sup>-2</sup> ) P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	氧化钾/(kg·hm <sup>-2</sup> ) K <sub>2</sub> O	硼/(kg·hm <sup>-2</sup> ) B
4	240	120	210	1.2
3	180	90	158	0.9
2	120	60	105	0.6
1	60	30	53	0.3
0	0	0	0	0

### 1.3 采样与测定

越冬期每小区采10株样品,盛花期采5株样品,测定叶片叶绿素含量,收货后测定小区籽粒产量。叶片叶绿素含量采用比色法测定,试验区土壤养分的测定均参照鲍士旦<sup>[8]</sup>主编的《土壤农化分析》。所得数据用Excel计算,用DPS v7.05统计软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种植密度下油菜籽粒产量对施肥水平的反应

由表3可以看出,不同种植密度和施肥量下,油菜籽粒产量存在较大差异。总的趋势是:相同密度条件下随着施肥量的增加而增加,相同施肥水平条件下,施肥量相对低时(施肥水平0、1和2)籽粒产量随着密度的增加而增加;施肥量相对高时(施肥水平3和4)情况则不同:施肥水平3的籽粒产量,密度

为 37.5 万株/hm<sup>2</sup> 以下时随着密度的增加而增加, 密度超过 37.5 万株/hm<sup>2</sup> 时反而下降; 施肥水平 4 的籽粒产量密度为 22.5 万株/hm<sup>2</sup> 以下时随着密度的增加而增加, 密度超过 22.5 万株/hm<sup>2</sup> 时反而下降。所有处理中以密度为 22.5 万株/hm<sup>2</sup>、施肥水平为 4 的处理籽粒产量最高。另外, 虽然在所有密度条件下, 不同施肥量之间的籽粒产量均有较大差异, 但籽粒产量随施肥量的增加而增加的幅度却因密度不同而不同, 以施肥水平由 3 增加到 4 为例, 由 7.5 万株/hm<sup>2</sup> 到 45 万株/hm<sup>2</sup> 范围的 6 种不同密度条件下籽粒产量增加幅度分别为 26%、24%、33%、16%、11%、8%, 即密度较高时施肥量增加引起的增产效应下降, 边际产量降低。

表 3 不同种植密度和施肥水平条件下的籽粒产量

Tab. 3 The grain yield of oilseed rape under different planting density and fertilizer rates kg/hm<sup>2</sup>

密度/(万株·hm <sup>-2</sup> ) Density	施肥水平 4 Fertilizer rate 4	施肥水平 3 Fertilizer rate 3	施肥水平 2 Fertilizer rate 2	施肥水平 1 Fertilizer rate 1	施肥水平 0 Fertilizer rate 0
7.5	1 967.72 aA( b)	1 555.95 bB( b)	1 235.86 cC( b)	377.82 dD( b)	108.91 eD( b)
15.0	2 182.58 aA( ab)	1 760.28 bB( ab)	1 314.25 cC( ab)	490.54 dD( ab)	141.84 eE( ab)
22.5	2 300.94 aA( a)	1 732.72 bB( ab)	1 372.28 cC( ab)	469.56 dD( ab)	170.13 eE( ab)
30.0	2 225.76 aA( a)	1 914.08 bB( a)	1 456.17 cC( ab)	499.63 dD( ab)	222.55 eD( a)
37.5	2 186.85 aA( ab)	1 978.02 aA( a)	1 476.79 bB( ab)	582.46 cC( a)	213.00 dC( a)
45.0	2 088.48 aA( ab)	1 927.89 bA( a)	1 541.92 cB( a)	598.58 dC( a)	224.81 eD( a)

多重比较采用 Duncan 氏新复极差法, 同一行小写字母相同者, 表示在  $P < 0.05$  水平上差异不显著, 同一行大写字母相同者, 表示在  $P < 0.01$  水平上差异不显著; 扩弧内字母表示相同施肥水平下不同密度处理籽粒产量的多重比较结果, 同一列字母相同者, 表示在  $P < 0.05$  水平上差异不显著。

Multiple comparisons uses Duncan's new multiple range method, different small and capital letters following the figures in the same row represent, the dry weight per plant under different planting density and fertilizing amount existence of significant differences at  $P = 5\%$  and  $1\%$  respectively, and the same hereinafter; Different letters in brackets in each column mean significant difference at  $P = 5\%$ .

## 2.2 不同种植密度下油菜叶片叶绿素含量对施肥水平的反应

由表 4 可以看出, 在同一种植密度条件下越冬期和盛花期叶片叶绿素 a 含量均随施肥量的增加而增加, 但盛花期增加的幅度明显大于越冬期。同一施肥量下叶片叶绿素 a 含量随密度的变化情况是: 越冬期有随着密度的增加而减少的趋势, 盛花期则未表现出此规律。叶片叶绿素 b 和总叶绿素含量与叶绿素 a 有类似的变化趋势, 只是多重比较结果显示越冬期叶片叶绿素 b 和总叶绿素含量除种植密度为 15 万株/hm<sup>2</sup> 时各施肥水平处理之间差异显著外, 其余各处理均差异不显著。

## 3 讨 论

叶绿素是光合作用的主要色素, 在光吸收中起重要作用, 高等植物叶绿素包括叶绿素 a 和叶绿素 b<sup>[9]</sup>, 叶绿素含量的高低可反映出光合能力的强弱, 进而反映出作物体内能量的传递转化和干物质积累能力。本试验测定了越冬期和盛花期油菜叶片叶绿素 a 和叶绿素 b 以及总叶绿素含量。结果显示, 在同一种植密度条件下越冬期和盛花期叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量随施肥量的增加而增加, 与籽粒产量的变化趋势一致。说明施肥量对叶片叶绿素 a 的影响大于叶绿素 b, 这可能是由于反应中心色素是一对特殊的叶绿素 a 分子, 具有将光能转化成电能的特别功能, 其余光合色素是捕光色素或天线色素分子, 他们吸收光能并将光能迅速有效传递至反应中心色素。

由表 5 可知, 由于设计了 30 个处理, 所以叶绿素 a、叶绿素 b 以及总的叶绿素与籽粒产量之间均极显著相关, 而盛花期的相关系数又明显大于越冬期。由表 6 可以看出, 不同生育期相同种植密度下不同施肥水平时叶片叶绿素 a 与籽粒产量之间的相关性明显高于叶片叶绿素 b。在不同生育期, 不同施肥水平处理的叶绿素 a 与籽粒产量之间的相关性几乎都达到了显著。盛花期叶绿素 b 籽粒产量之间的相关性明显高于越冬期, 除了在种植密度为 15 万株/hm<sup>2</sup> 时, 其余均达到了显著。而不相同施肥水平下不同种植密度时叶绿素 a、叶绿素 b 以及总的叶绿素与籽粒产量之间的相关性均不显著。总之, 叶绿素 a 的含量更能反映出油菜光合势能的强弱, 以及油菜在越冬期和盛花期的生长状态。

表4 不同种植密度和施肥水平条件下油菜叶片叶绿素含量

Tab.4 The chlorophyll contents in functional leaf of oilseed rape under different planting density and fertilizer rates

		mg/g					
生育期	密度/(万株·hm <sup>-2</sup> )	施肥水平4	施肥水平3	施肥水平2	施肥水平1	施肥水平0	
Growth stages	Density	Fertilizer rate 4	Fertilizer rate 3	Fertilizer rate 2	Fertilizer rate 1	Fertilizer rate 0	
越冬期 Wintering stages	叶绿素 a/(mg·g <sup>-1</sup> )	7.5	0.67 aA	0.67 aA	0.60 aA	0.56 aA	0.49 aA
	Chlorophyll a	15.0	0.72 aA	0.64 abAB	0.56 bBC	0.46 cC	0.44 cC
		22.5	0.64 aA	0.56 aA	0.44 aA	0.51 aA	0.48 aA
		30.0	0.67 aA	0.63 abA	0.51 bcA	0.50 bcA	0.48 cA
		37.5	0.68 aA	0.63 bAB	0.52 bcAB	0.50 cB	0.50 cB
		45.0	0.59 aA	0.54 abA	0.49 abA	0.47 abA	0.41 bA
	叶绿素 b/(mg·g <sup>-1</sup> )	7.5	0.20 aA	0.20 aA	0.19 aA	0.17 aA	0.18 aA
	Chlorophyll b	15.0	0.22 aA	0.19 abAB	0.17 abcAB	0.14 cB	0.16 bcAB
		22.5	0.21 aA	0.18 aA	0.14 aA	0.16 aA	0.16 aA
		30.0	0.20 aA	0.20 aA	0.16 aA	0.19 aA	0.18 aA
		37.5	0.21 aA	0.20 aA	0.19 aA	0.19 aA	0.18 aA
		45.0	0.19 aA	0.18 aA	0.17 aA	0.18 aA	0.20 aA
	总叶绿素/(mg·leaf <sup>-1</sup> )	7.5	0.87 aA	0.87 aA	0.79 aA	0.73 aA	0.68 aA
	Total chlorophyll	15.0	0.95 aA	0.85 abA	0.74 bcAB	0.60 cB	0.60 cB
		22.5	0.85 aA	0.73 aA	0.59 aA	0.68 aA	0.65 aA
30.0		0.88 aA	0.84 aA	0.67 aA	0.69 aA	0.66 aA	
37.5		0.89 aA	0.83 aA	0.73 aA	0.55 aA	0.69 aA	
45.0		0.78 aA	0.72 aA	0.68 aA	0.64 aA	0.61 aA	
盛花期 Vigor stages	叶绿素 a/(mg·g <sup>-1</sup> )	7.5	1.15 aA	1.15 aA	1.06 abA	0.82 bA	0.80 bA
	Chlorophyll a	15.0	1.34 aA	1.19 abAB	0.95 bcAB	0.89 bcAB	0.78 cB
		22.5	1.24 aA	1.12 abAB	0.84 bcAB	0.68 cB	0.76 cB
		30.0	1.23 aA	1.16 abA	0.97 bcAB	0.77 cB	0.72 cB
		37.5	1.29 aA	1.01 bAB	1.02 abAB	0.71 bcB	0.79 cB
		45.0	1.18 aA	1.9 abA	1.03 abcA	0.76 bcA	0.72 cA
	叶绿素 b/(mg·g <sup>-1</sup> )	7.5	0.39 aA	0.38 abA	0.35 abcA	0.28 bcA	0.27 cA
	Chlorophyll b	15.0	0.43 aA	0.42 aA	0.32 aA	0.31 aA	0.42 aA
		22.5	0.42 aA	0.39 abAB	0.30 bcAB	0.24 bcAB	0.29 cB
		30.0	0.42 aA	0.39 abAB	0.33 bcABC	0.28 cBC	0.25 cC
		37.5	0.44 aA	0.36 abAB	0.36 abAB	0.26 bB	0.29 bAB
		45.0	0.40 aA	0.34 abA	0.37 aA	0.25 bA	0.24 bA
	总叶绿素/(mg·leaf <sup>-1</sup> )	7.5	1.58 aA	1.55 aA	1.42 abA	1.09 bA	1.09 bA
	Total chlorophyll	15.0	1.75 aA	1.60 abAB	1.28 bcAB	1.11 cB	1.06 cB
		22.5	1.67 aA	1.51 abAB	1.14 bcAB	0.92 cAB	1.05 cB
30.0		1.67 aA	1.54 abA	1.31 bcAB	1.05 cdB	0.96 dB	
37.5		1.72 aA	1.36 abAB	1.39 abAB	0.95 cB	1.07 bcB	
45.0		1.59 aA	1.44 abA	1.40 abA	1.03 bA	0.97 bA	

表5 叶片叶绿素与籽粒产量之间总的相关系数

Tab.5 Correlation coefficient between grain yield and chlorophyll of leaf

生育期	叶绿素 a	叶绿素 b	总叶绿素
Growth stages	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll
越冬期 Wintering stages	0.789**	0.531**	0.773**
盛花期 Vigor flowing stages	0.808**	0.797**	0.931**

\*\* 表示极显著水平, \* 表示显著水平。

\*\* mean significant difference at  $P < 0.01$ ; \* mean significant difference at  $P < 0.05$ .

表 6 相同种植密度下不同施肥水平叶片叶绿素与籽粒产量之间的相关系数  
 Tab. 6 Correlation coefficient between grain yield and chlorophyll of leaf under the same density and different fertilizer application levels

生育期 Growth stages	密度/(万株·hm <sup>2</sup> ) Density	叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	总叶绿素 Total chlorophyll
越冬期 Wintering stages	7.5	0.955*	0.905*	0.972**
	15.0	0.989**	0.892*	0.981**
	22.5	0.688	0.661	0.660
	30.0	0.903*	0.355	0.849
	37.5	0.887*	0.906*	0.844
	45.0	0.935*	-0.414	0.942*
盛花期 Vigor stages	7.5	0.977**	0.990**	0.982**
	15.0	0.957*	0.354	0.968**
	22.5	0.923*	0.883*	0.916*
	30.0	0.992**	0.987**	0.993**
	37.5	0.896*	0.900*	0.895*
	45.0	0.761	0.941*	0.987**

\*\* 表示极显著水平, \* 表示显著水平。

\*\* mean significant difference at  $P < 0.01$ ; \* mean significant difference at  $P < 0.05$ .

## 4 结 论

(1) 叶片叶绿素含量的测定结果表明: 在同一种植密度条件下越冬期和盛花期叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量均随施肥量的增加而增加。同一施肥量下只有越冬期叶片叶绿素 a 含量随着密度的增加而减少, 叶绿素 b 和总的叶绿素含量无此规律。

(2) 不同施肥水平下叶绿素 a 与与籽粒产量之间的相关性高于叶绿素 b, 尤其在盛花期叶片叶绿素 a 与与籽粒产量之间的相关性更高。

### 参考文献:

- [1] 周玉刚. 不同密度、氮肥对绵油 11 制种产量的影响[J]. 种子世界 2008, 16(3): 22-23.
- [2] 艾复清, 李改珍. 密度、施氮量对油菜产量及其产量构成因素影响的旋转回归分析[J]. 农业现代化研究 2007, 23(5): 309-312.
- [3] 郁寅良. 密度和施肥水平对双低油菜苏油 1 号产量及分枝习性的影响[J]. 中国油料作物学报 2001, 23(1): 42-46.
- [4] 黄秀芳, 孙敬连, 孙旭明 等. 不同密度、施氮量对史力丰油菜产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学 2003, 31(1): 9-12.
- [5] 赵继献, 程国平, 任廷波 等. 不同氮水平对优质甘蓝型黄籽杂交油菜产量和品质性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报 2007, 13(5): 882-889.
- [6] 艾复清, 李改珍. 施氮量、密度与油菜产量关系的旋转回归分析[J]. 中国农学通报 2005, 21(4): 142-144.
- [7] 湖南省农业厅. 粮食油料作物[M]. 长沙: 湖南人民出版社 2005: 44
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社 2003: 35-276.
- [9] 翟中和. 细胞生物学[M]. 北京: 高等教育出版社 2007: 146.