

甘蓝型油菜开花期 SPAD 值、叶绿素含量与 氮素含量叶位分布特点及其相互关系^①

周晓冬¹, 常义军², 吴洪生¹, 张富存¹, 朱红霞¹

(¹ 南京信息工程大学应用气象学院, 南京 210044; ² 江苏省南京市蔬菜科学研究所, 南京 210042)

Distribution of SPAD Value, Contents of Chlorophyll and Nitrogen of Different Type Leaves and Their Relationship in Flower of *Brassica napus*

ZHOU Xiao-dong¹, CHANG Yi-jun², WU Hong-sheng¹, ZHANG Fu-cun¹, ZHU Hong-xia¹

(¹ Applied Meteorology College, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

² Nanjing Vegetable Scientific Research Institute, Nanjing 210042, China)

摘 要: 通过测定甘蓝型油菜秦油 10 号开花期不同叶型叶片的 SPAD 值与叶绿素含量及 N 含量, 研究开花期叶片 SPAD 值、叶绿素含量及 N 含量的变化, 并探讨了叶片 SPAD 值与叶绿素含量及 N 含量之间的关系。结果表明: ①开花期不同叶型叶片的 SPAD 值、叶绿素含量、N 含量随着时间的推移呈不同程度的下降, 开花后 2 周至开花后 3 周叶片含 N 量迅速下降, 短柄叶与无柄叶分别下降 20% 和 26%; ②盛花期 (花后 2 周) 不同叶型叶片叶绿素含量与 N 含量无柄叶>短柄叶、长柄叶, 差异达到显著水平, SPAD 值差异未达显著水平; ③盛花期不同叶型叶片的 SPAD 值与叶绿素含量及 N 含量之间呈线性正相关, 相关系数分别为 0.862 0**、0.711 8*, 达到显著或极显著水平。

关键词: 甘蓝型油菜; SPAD 值; 叶绿素含量; 含氮量; 叶型

中图分类号: S565.401

氮 (N) 素是作物生长的大量必需元素之一, 对作物的生长发育、产量及品质的影响最大。精确施肥、提高 N 肥利用效率对于节约资源、保护环境具有重要意义^[1]。N 素诊断是植物营养诊断的重点, 较早的田间 N 素诊断更多的是靠栽培专家的经验, 通过比较功能叶片的叶色来判断是否需要追肥。最近几十年来便携式叶绿素计 (SPAD-502) 及光谱分析法无损监测技术^[2-3], 特别是前者在作物 N 素营养诊断及 N 肥施用量的管理中得到广泛的应用^[4-5]。研究包括 SPAD 计诊断 N 素营养状况的最佳测定叶位的确定以及 SPAD 测定值与叶绿素、全 N 含量以及产量之间的关系^[6-8]。油菜作为重要的油料作物, 利用便携式叶绿素计及高光谱分析技术对油菜进行 N 素营养诊断的研究已有一些报道。裘正军等^[9]应用 SPAD 和光谱技术研究油菜生长期

间的 N 素变化规律, 认为蕾薹期与开花期的过渡期为田间 N 肥管理和检测的最佳时期。朱哲燕等^[10]建立了 SPAD 值和全 N 含量在油菜中的数学关系模型。甘蓝型油菜主茎上叶片, 根据叶型可划分为长柄叶、短柄叶、无柄叶 3 组, 3 种类型叶片抽薹开花期发挥着不同的作用, 但到目前为止, 有关油菜开花期不同叶型叶片含 N 量差异以及 SPAD 值与叶绿素含量及含 N 量之间关系鲜有报道。本试验通过测定油菜开花期不同叶型叶片的 SPAD 值、叶绿素含量与全 N 含量, 研究油菜开花期不同叶型叶片 N 素差异, 探讨油菜开花期 SPAD 值、叶绿素含量和全 N 量的相互关系。

1 材料与方法

1.1 供试材料

^①基金项目: 江苏省科技支撑计划项目 (BE2009346) 资助。

作者简介: 周晓冬 (1974—), 女, 江苏如皋人, 博士, 讲师, 主要从事作物逆境栽培生理与连作障碍研究。E-mail: zhouxiaodong0118@126.com

试验在南京信息工程大学农业气象生态园进行, 供试品种为秦油 10 号。供试土壤有机质 12.9 g/kg, 全 N 1.2 g/kg, 碱解 N 0.127 g/kg, 有效 P 32.1 mg/kg, 速效 K 99.2 mg/kg。2008 年 10 月 25 日移栽, 移栽密度为每公顷 1.5×10^5 株, 2009 年 3 月 25 日进入开花期。

1.2 测定内容与方法

分别于开花后 1 周 (1w)、2 周 (2w)、3 周 (3w) 天气晴朗的上午取 10 张主茎不同叶型 (长柄叶、短柄叶、无柄叶) 叶片, 将叶片表面清理干净, 叶片分为上、中、下 3 部分, 用 SPAD-502 测定每个部分的 SPAD 值, 每个部分叶片至少读 10 个以上读数, 计算平均值。试验结果表明中部叶片的 SPAD 值最接近全叶的 SPAD 值, 因此以中部叶片 SPAD 值代表全叶 SPAD 值。

1.3 叶片叶绿素含量的测定

采用 95%乙醇提取分光光度计法测量每片叶中部叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素含量。

1.4 叶片含氮量的测定

每种叶型的 10 张叶片根据 SPAD 值大小分成 2 ~ 3 组, 烘干后, 磨碎称取适量, 经 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮后, 用凯氏定氮法测定叶片含 N 量。

2 结果与分析

2.1 开花期不同叶型叶片 SPAD 值、叶绿素含量与氮含量的变化

开花期间, 3 种不同类型叶片的 SPAD 值变化如表 1 所示, 由表 1 可知, 开花后叶片 SPAD 值呈现不同程度的下降, 其中长柄叶下降速度大于短柄叶与无柄叶; 花后 1 周至 2 周间, 短柄叶与无柄叶 SPAD 值缓慢下降, 花后 2 周至 3 周之间, 长柄叶迅速衰老枯黄, 未取样, 短柄叶与无柄叶 SPAD 值下降速度快于花后 1 周至 2 周间的下降速度。差异显著性分析表明, 同一时期不同类型叶片 SPAD 值差异未达到显著水平。

表 1 开花期叶片 SPAD 值的变化

时间	SPAD 值			F 值
	长柄叶	短柄叶	无柄叶	
1w	47.5 ± 3.2 a	45.7 ± 2.6 a	46.6 ± 3.4 a	0.908
2w	42.2 ± 2.2 a	43.1 ± 2.3 a	43.4 ± 1.6 a	1.023
3w		38.8 ± 3.2 a	39.2 ± 2.8 a	0.054

注: 同行不同小写字母表示数值在 $p < 0.05$ 水平差异显著, 下同。

开花期间, 3 种不同类型叶片的叶绿素含量变化如表 2 所示, 由表 2 可知, 开花后叶片叶绿素含量不断下降, 3 种类型叶片叶绿素含量表现为: 无柄叶 > 短柄叶 > 长柄叶; 差异显著性分析表明, 花后 2 周, 叶绿素含量差异达到显著水平 ($n = 30, F = 4.294 > F_{0.05}$), 无柄叶叶绿素含量显著大于长柄叶, 花后 3 周, 无柄叶与短柄叶叶绿素含量差异不显著。

表 2 开花期叶片叶绿素含量的变化

时间	叶绿素 (mg/g)			F 值
	长柄叶	短柄叶	无柄叶	
2w	1.41 ± 0.23 b	1.58 ± 0.30 ab	1.75 ± 0.25 a	4.294*
3w		1.39 ± 0.27 a	1.51 ± 0.19 a	1.507

开花期间, 3 种不同叶型叶片的含 N 量变化如表 3 所示, 由表 3 可知, 开花后叶片含 N 量呈现不同程度的下降, 花后 1 周至 2 周间, 长柄叶与无柄叶含 N 量变化较小, 短柄叶含 N 量下降, 花后 2 周至 3 周间, 3 种叶片含 N 量迅速下降, 长柄叶枯黄, 未取样, 短柄叶与无柄叶含 N 量分别下降了 20% 与 26%; 同一时期, 叶片含 N 量大小表现为无柄叶 > 短柄叶 > 长柄叶。差异显著性分析表明花后 1 周 3 种类型叶片含 N 量差异不显著; 花后 2 周 3 种类型叶片含 N 量差异达到显著水平 ($n = 30, F = 11.677 > F_{0.01}$), 无柄叶含 N 量显著大于短柄叶与长柄叶, 长柄叶与短柄叶之间差异不显著, 花后 3 周, 无柄叶与短柄叶含 N 量差异不显著。

表 3 开花期叶片 N 含量的变化

时间	含 N 量 (g/kg)			F 值
	长柄叶	短柄叶	无柄叶	
1w	31.8 ± 2.4 a	37.1 ± 7.5 a	38.5 ± 6.7 a	1.398
2w	31.6 ± 1.4 B	34.3 ± 3.2 B	38.5 ± 2.6 A	11.677**
3w		27.3 ± 1.1 a	28.2 ± 1.0 a	2.430

注: 同行不同大写字母表示数值在 $p < 0.01$ 水平差异显著。

2.2 开花期叶片 SPAD 值、叶绿素含量与氮含量的关系

对花后 2 周 3 种类型叶片测定数据进行分析, 叶片 SPAD 值、叶绿素含量与含 N 量三者之间两两呈线性相关 (图 1), 相关系数达到极显著水平, 分别为 $r = 0.862\ 0$ 、 $0.711\ 8$ 、 $0.926\ 0$, 说明可以用 SPAD 值间接表示叶片含 N 量与叶绿素含量。

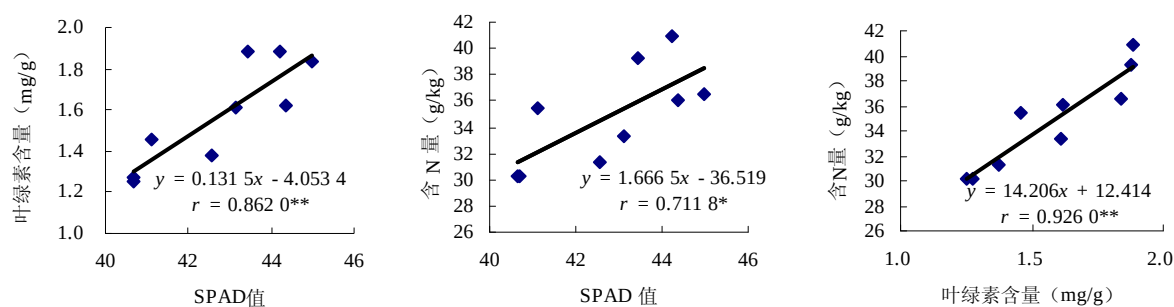


图 1 叶片 SPAD 值、叶绿素含量与含 N 量三者之间两两相关关系

3 小结与讨论

油菜初花期后角果即开始生长,随着角果的不断生长,叶片N素迅速向角果输送。左青松等^[11]研究表明叶片中N素积累量在抽薹至初花期达最大,初花期之前积累在叶片中的N素是最终角果中N素最主要也是最稳定的来源,角果中的N素约有 30% 左右来自叶片。本试验结果表明油菜开花期3种不同叶型叶片的SPAD值与叶绿素含量及含N量随着时间的推移呈不同程度的下降,开花后2周至3周间下降速率快于花后1周至2周间下降速率,暗示可能在油菜开花后2周至3周间叶片N素迅速向角果输送。

从开花期不同叶型叶片SPAD值与叶绿素含量及含N量的差异看,不同叶型叶片叶绿素含量与含N量大小表现较为一致,均表现为无柄叶>短柄叶>长柄叶,开花后2周差异达到显著水平,花后1周或花后3周差异不显著;而开花期3个测定时期不同叶型叶片的SPAD值差异均不显著。因此,相对于SPAD值,叶绿素含量与含N量更准确地反映植株N素状况。有研究认为直接利用SPAD值作为诊断指标缺少普适性和统一标准,尝试对SPAD值进行修正,Peng等^[1]认为利用SPAD/SLW (SLW = 干重/叶面积)对SPAD值进行修正,可以提高基于干重的水稻叶片N浓度的预测精度。

油菜的3种叶型着生在主茎不同部位,关于油菜不同叶位叶片N素含量差异,冷锁虎等人^[12]研究表明甘蓝型油菜苗期不同叶位的叶片含N量随叶位上升而逐渐提高。本试验结果油菜开花期不同部位叶片含N量的空间差异与苗期表现基本一致。

有关作物叶片SPAD值与叶绿素含量及N含量之间的关系,前人已经进行了大量的探索^[13-14]。本试验结果表明,油菜开花期SPAD值与叶绿素含量(mg/g)及含N量之间呈显著或极显著线性正相关,说明可以用SPAD值来间接表示作物叶绿素含量和N含量。

研究表明SPAD与叶绿素含量、含N量之间的关系因作物、品种、生育时期的不同而不同^[13],已有的一些研究虽然报道了叶片SPAD值与含N量之间的数学模型,但未指出所研究作物的生育时期,有些作物还应明确说明叶型,如油菜。本研究中SPAD与叶绿素含量及含N量之间的关系是基于甘蓝型油菜秦油10号盛花期3叶型叶片的。

参考文献:

- [1] Peng S, Garcia FV, Laza RC, Sanico AL, Visperas RM, Cassman KG. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. *Field Crops Research*, 1996, 47: 243-252
- [2] 唐延林, 王人潮, 张金恒, 王珂. 高光谱与叶绿素计快速测定大麦氮素营养状况研究. *麦类作物学报*, 2003, 23(1): 63-166
- [3] 张俊华, 张佳宝, 李卫民. 基于夏玉米光谱特征的叶绿素和氮素水平及氮肥吸收利用研究. *土壤*, 2008, 40(4): 540-547
- [4] Pagola M, Ortiz R, Irigoyen I, Bustince H, Barrenechea E, Aparicio-Tejo P, Lamsfus C, Lasa B. New method to assess barley nitrogen nutrition status based on image colour analysis Comparison with SPAD-502. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2009, 65: 213-218
- [5] 李刚华, 薛利红, 尤娟, 王绍华, 丁艳锋, 吴昊, 杨文祥. 水稻氮素和叶绿素 SPAD 叶位分布特点及氮素诊断的叶位选择. *中国农业科学*, 2007, 40(6): 1127-1134
- [6] 张晓东, 毛罕平. 油菜氮素光谱定量分析中水分胁迫与光照影响及修正. *农业机械学报*, 2009, 40(2): 164-169
- [7] 郭飞波, 许馥华, 金珠群. 利用叶绿素计对短季棉氮素营养诊断的初步研究. *作物学报*, 1999, 25(4): 483-488
- [8] Cartelat A, Cerovic ZG, Goulas Y, Meyer S, Lelarge C, Prioul JL, Barbottin A, Jeuffroy MH, Gate P, Agati G, Moya I. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.).

- Field Crops Research, 2005 91: 35-49
- [9] 裘正军, 宋海燕, 何勇, 方慧. 应用 SPAD 和光谱技术研究油菜生长期间的氮素变化规律. 农业工程学报, 2007, 23(7): 150-154
- [10] 朱哲燕, 鲍一丹, 黄敏, 冯雷. 油菜叶绿素与氮含量关系的试验研究. 浙江大学学报 (农业与生命科学版), 2006, 32(2): 152-154
- [11] 左青松, 顾芹芹, 董召娣, 冷锁虎. 氮素水平对油菜根茎叶氮素输出及角果中氮素积累的影响. 中国油料作物学报, 2006, 28(2): 151-155
- [12] 冷锁虎, 杨光, 陈秀良, 邵锦松, 施明勇. 甘蓝型油菜苗期不同部位叶含氮量差异的研究. 中国油料作物学报, 2001, 23(4): 38-43
- [13] 王绍华, 吉志军, 刘胜环, 丁艳锋, 曹卫星. 水稻氮素供需差与不同叶位叶片氮转运和衰老的关系. 中国农业科学, 2003, 36(1): 1 261-1 265
- [14] Asai H, Samson BK, Stephan H M, Songyikhangsuthor K, Homma K, Kiyono Y, Inoue Y, Shiraiwa T, Horie T. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. Field Crops Research, 2009, 111: 81-84