

5565.406.2

## 不同硫甙背景油菜苗期需硫量的研究

王庆仁 李继云

(中国科学院生态环境研究中心 北京 100085)

林葆

(中国农业科学院土壤肥料研究所 北京 100081)

**摘要** 利用温室砂培盆栽试验研究了不同硫甙背景油菜苗期的需硫(S)量特性、植株硫甙含量及不同供S水平植株与根系的含S量差异。结果表明,对最高产量(生物量)的获得,低硫甙油菜对S素的需求量反而明显大于高硫甙油菜;植株S浓度与供S水平间呈极显著的指数相关,且品种(系)间无显著差异;根系S浓度与供S水平呈极显著相关的二次曲线型,并反映了油菜硫甙背景间的差异;植株硫甙含量与供S量呈二次回归型相关,在一定范围内高硫甙油菜植株硫甙的合成积累相对较高,而低硫甙油菜植株对硫甙的合成积累具有一定的阻抑作用。因此,对双低油菜偏施、重施S肥,是满足其较高生理需求,提高产量和效益的重要手段。

**关键词** 硫甙背景 油菜 需硫量 苗期

**Sulfur requirements of rape seedlings with various backgrounds of seed glucosinolate contents.**

Wang Qingren, Li Jiyun (The Center for Ecology and Environment, CAAS, Beijing 100085),  
Lin Bao (Institute of Soil and Fertilizer, CAAS, Beijing 100081), *E.A.R.*, 1997, 5(4): 24~28.

**Abstract** The relationships of sulfur requirements, glucosinolate and sulfur contents in plant tissue and roots of rape seedlings with different glucosinolate contents in seeds and S supply were studied by sand culture in greenhouse. The results show that to obtain highest yield (biomass), more S was required by rape seedlings with lower glucosinolate contents in seeds than those with higher glucosinolate contents in seeds. S contents in plant tissue for three varieties were significantly exponentially correlated with S supply, and no difference existed among the varieties. However, S contents in root were highly correlated with S supply in quadratic curve, and there were differences among varieties with different glucosinolate backgrounds. Quadratic regressional relation was found between glucosinolate contents in plant tissue and S supply. Tissue glucosinolate contents were higher in varieties with higher background glucosinolate, and they also synthesized and accumulated more glucosinolate in plant tissue than those with the lower background glucosinolate, showing some resistance to tissue glucosinolate accumulation. Then it is important to apply more S fertilizer to double lower rape varieties.

**Key words** Glucosinolate background, Rape, S requirement

油菜是需硫(S)量较高的作物,主要是除含有丰富的含硫氨基酸及脂肪合成代谢必

需含硫化合物的直接参与外,还与其特有的二次生理代谢产物——硫代葡萄糖甙(简称硫砷,下同)含量较高有密切关系。据研究,油菜硫砷含量主要受遗传因素的制约,且与供S强度呈密切的正相关<sup>[8,10,12,14]</sup>。据 Schnug 报道,油菜完全分化幼叶中的全S含量与幼叶或菜籽内硫砷总量呈极显著直线相关( $r=0.7\sim 0.9$ )<sup>[12]</sup>。然而,随着油菜双低化发展,硫砷水平不断降低,对油菜S素需求量的研究逐渐被人们所重视。传统见解认为,油菜对S素需求量随着硫砷水平的降低而下降。但另有研究表明,与单低(即低芥酸)品种相比,双低油菜品种对缺S更敏感且对S肥反应更强烈<sup>[11~12,14]</sup>。

目前我国油菜生产虽仍以传统的高硫砷品种占主导地位,但增进品质,提高脱油副产物高蛋白菜饼的应用价值,加快油菜双低化发展,已成为油菜生产发展的必然趋势。近年来我国已先后从国外引进并自己培育出许多优良的双低油菜新品种(系),目前正处于中试、推广阶段。因此,探讨不同硫砷背景(即菜籽硫砷含量不同)油菜苗期需S特性,对于指导我国当前及今后油菜生产中S肥的宏观管理与微观调控等,无疑将具有重要的意义。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验品种(系)

试验品种(系)选用澳大利亚甘蓝型双低冬油菜 Canola(芥酸 $<2\%$ ,硫砷 $<10\mu\text{mol/g}$ );中国杂交培育甘蓝型双低冬油菜中双5号(芥酸 $<2\%$ ,硫砷 $15\sim 20\mu\text{mol/g}$ );中国甘蓝型普通冬油菜中油821(芥酸 $>40\%$ ,硫砷 $>100\mu\text{mol/g}$ )。

### 1.2 试验方法

试验采用温室石英砂培盆栽,使用 Hewitt(1966)完全营养液,其中N  $15\text{mmol/L}$ 、K  $5\text{mmol/L}$ 、Ca  $5\text{mmol/L}$ 、P  $1\text{mmol/L}$ 、Mg  $1.5\text{mmol/L}$ 、Na  $1\text{mmol/L}$  和 Cl  $1.5\sim 2.85\text{mmol/L}$ 、Fe  $2.75\text{mg/L}$ 、Mn  $0.55\text{mg/L}$ 、B  $0.4\text{mg/L}$  和 Zn  $0.1\text{mg/L}$ ,共设置  $0\text{mg/L}$ 、 $2.5\text{mg/L}$ 、 $5\text{mg/L}$ 、 $10\text{mg/L}$ 、 $20\text{mg/L}$ 、 $40\text{mg/L}$  和  $80\text{mg/L}$  7个供S浓度。9月20日播种,3叶期定苗,每盆5株,温室温度 $10\sim 30^\circ\text{C}$ 。抽苔期(70d)收获,样品分地上部与根,杀青( $105^\circ\text{C}$ )后烘干( $75^\circ\text{C}$ )、称重、磨碎。样品分析中全S用  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$  消化,  $\text{BaSO}_4$  比浊法;硫砷用葡萄糖释放,3,5-二硝基水杨酸比色法<sup>[1]</sup>测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 对生物量的影响

比较供S水平对不同硫砷背景油菜苗期生物量的影响可见,低硫砷油菜 Canola 与中双5号特征及规律极为相似(见图1),供S浓度皆呈二次回归型相关并有较高保证系数。Canola:

$$Y = -0.0045x^2 + 0.4464x + 4.8167 \quad (R^2 = 0.84)$$

中双5号:

$$Y = -0.0069x^2 + 0.6363x + 3.9755 \quad (R^2 = 0.78)$$

式中,  $Y$  为生物量(DM),  $x$  为供S浓度(mg/L)。高硫砷油菜中油821生物量在  $0\sim 20\text{mg/L}$  供S浓度时呈极显著相关二次曲线(见图2):

$$Y = -0.0698x^2 + 1.9264x + 0.6269 \quad (R^2 = 0.99)$$

所不同的是双低油菜生物量在  $80\text{mg/L}$  供S浓度(实测值)时呈下降,而高硫砷中油

821 生物量在 20mg/L 供 S 浓度时呈显著降低,说明对获得最高产量(生物量)S 素需求,低硫型油菜反而明显高于高硫型油菜。试验结果还表明,在较低供 S 浓度(0~5mg/L)下高硫型油菜中油 821 比低硫型油菜 Canola 生长弱小且具有更严重而典型的缺 S 症状,这可能与高硫型油菜对维持正常代谢及硫型合成所需的初始 S 浓度较高有关。

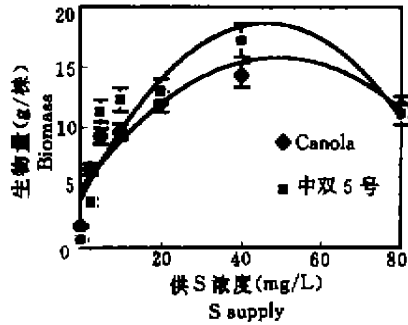


图 1 双低油菜苗期生物量与供 S 浓度的关系  
(石英砂培,1995)

Fig. 1 S supply with seedling DM of double low oilseed rape (sand culture)

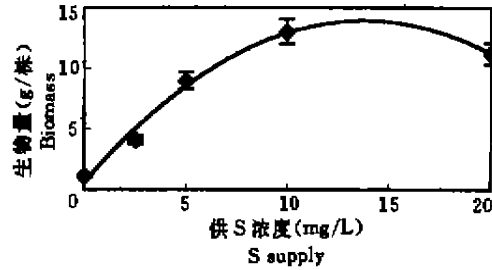


图 2 中油 821 苗期生物量  
与供 S 浓度的关系(1995)

Fig. 2 The relationship between S supply and DM of Zhong you 821

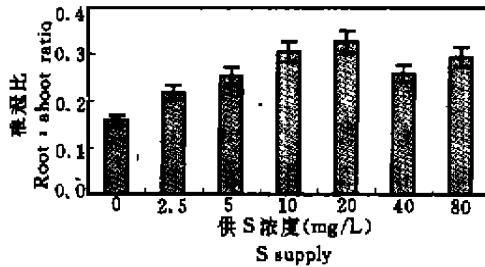


图 3 供 S 水平对植株根冠比的影响  
(中双 5 号,1995)

Fig. 3 Effect of S supply on root : shoot ratio of oilseed rape

显然,供 S 浓度对地上部与根系生长量的影响具有相同规律,植株根冠比对低硫型背景的中双 5 号与 Canola 除个别情况外,在一定范围(0~20mg/L)内随供 S 浓度的增加而增加,但过量供 S 使根冠比呈下降趋势(见图 3);而对高硫型背景的中油 821 却无明显规律可循,这可能与品种特性及采用营养液培养有关,供 S 不足易导致根系细长,分枝少,重量轻。

## 2.2 植株 S 浓度与供 S 水平的关系

供 S 浓度与植株含 S 量拟合曲线

(见图 4)表明,二者呈极显著指数相关(保证系数均>0.9),且不同硫型背景间无显著差异。Canola:

$$Y=0.0151e^{0.6027x} \quad (R^2=0.94)$$

中油 821:

$$Y=0.0153e^{0.6034x} \quad (R^2=0.96)$$

中双 5 号:

$$Y=0.0262e^{0.4944x} \quad (R^2=0.94)$$

不同品种植株对根系 S 浓度的影响不同,3 个品种(系)在供 S 范围内皆呈极显著相关二次曲线型,且在相同供 S 水平下高硫型品种(系)表现较高的根系 S 积累特征,低硫型油菜 Canola 根系 S 浓度积累最少(见图 5)。这表明相同供 S 水平下油菜根系含 S 量随硫

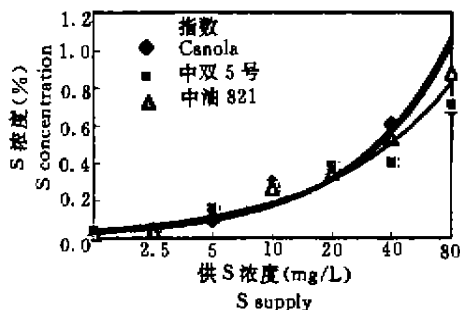


图4 植株S浓度与供S水平的相关性(1995)

Fig. 4 S concentration in plant tissue with S supply

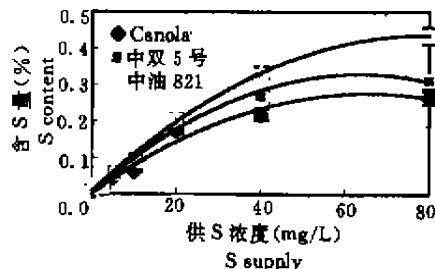


图5 供S浓度与油菜根含S量的相关性

Fig. 5 Correlation between S supply and S concentration of oilseed rape

硫磺背景增加而提高,但低供S水平下差异不显著(见图5)。并表明油菜根系对溶液中S素吸收在一定范围内受某种负反馈调节机制制约,且这一机制可能与品种(系)的基因调控有密切关系。

### 2.3 对植株硫磺含量的影响

植株硫磺含量与硫磺背景间存在一定相关性。一定范围内相同供S水平下高硫磺油菜中油821的植株硫磺含量最高,中双5号次之,Canola最低(见图6),且供S浓度与植株硫磺含量间皆呈极显著相关二次回归型。中油821:

$$Y = -0.0007x^2 + 0.0611x + 0.2926 \quad (R^2 = 0.88)$$

中双5号:

$$Y = -0.0004x^2 + 0.0469x + 0.013 \quad (R^2 = 0.86)$$

Canola:

$$Y = -0.0006x^2 + 0.0579x + 0.133 \quad (R^2 = 0.91)$$

这表明在一定供S范围内,随供S水平的提高硫磺含量普遍增加,达到一定限度后则随供S水平的增加而趋于降低,这显然与油菜不同硫磺背景的基因调控有关,在一般供S范围内低硫磺油菜不仅对籽粒,而且对植株硫磺的合成积累具有一定阻抑效应。

### 3 问题与讨论

随着全球性油菜育种的双低化发展及硫磺水平的大幅度减少,低硫磺油菜对S素需求量反而明显增加(即对缺S敏感性明显增加),这与以前某些研究结果相吻合。其原因硫磺具有担当某种S素贮藏库的功能,一旦出

现S胁迫时,芥子酶便受到激活<sup>[4~5,11,12]</sup>,从而使植株硫磺水解并释放出 $\text{SO}_4^{2-}$ 和 $\text{SCN}^-$ 而用于植物基础代谢(氨基酸、蛋白质等)的S素内在来源<sup>[11~12]</sup>,因此,随着硫磺水平的降低,S素贮藏库源的削弱,必然导致缺S敏感性增加。但另有研究表明,低硫磺与高硫磺油菜仅反映了菜籽硫磺含量不同,而植株硫磺浓度并无显著差异,且植株硫磺水平并不能反

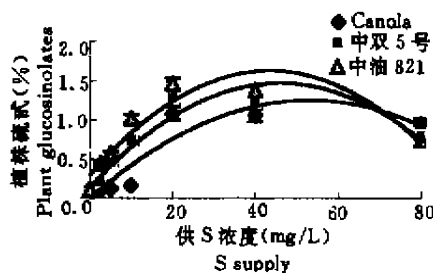


图6 植株硫磺与供S浓度的相关性(石英砂培,1995)

Fig. 6 Plant glucosinolates with S supply (sand culture)

映菜籽硫甙水平<sup>[3,7]</sup>,因环境因素的影响可能使二者的相关复杂化<sup>[6,9]</sup>,且可能是因植株与籽粒硫甙含量受不同的遗传基因控制所致<sup>[8]</sup>。

本研究认为,低硫甙油菜需 S 量高可能与硫甙合成前体物质或硫甙中间产物合成代谢有关,这些物质虽可阻止或减少硫甙的合成积累,但其本身合成代谢过程可能需要更多 S 素的参与,且与硫素利用效率较低有关。据报道,芥子酶只对完整的硫甙具有专一的水解作用<sup>[11~12]</sup>,而对硫甙中间产物或前体物质缺乏活性。

本研究结果表明,随着油菜的双低化发展及硫甙水平的不断降低,作物对 S 素的需求反而有增无减。这说明随着低硫甙油菜品种(系)的不断推广、普及,施用 S 肥更应引起人们的足够重视。同时,对于有限的 S 肥,优先考虑双低品种需 S 量高的特点,偏施、重施 S 肥,是提高油菜产量、增加效益的重要措施。

### 参 考 文 献

- 1 何照范. 粮油籽粒品质及其分析技术. 北京:农业出版社,1985.
- 2 Evans E. Glucosinolates and double low oilseed rape. In: Double low oilseed rape for the 1990's. London, Sennando Cambridge press, 1989.
- 3 Glen DM, Jones H, Fieldsend JK. Damage to oilseed rape seedlings by the field slug *Deroceras reticulatum* in relation to glucosinolate concentration. Ann. Appl. Biol., 1990 (117): 197~207.
- 4 Machev N P, Schraudolf H. Biochemical relation between thiocyanide assimilation and indoleglucosinolate biosynthesis in *Sinapis alba* L. Proc. Sec. Int. Symp. on Plant Growth Regulators, 1977.
- 5 Machev N P, Schraudolf H. Thiocyanate as predecessor of a spargine in *Sinapis alba* L. Plant Physiol, 1978 (4): 26~33.
- 6 Milford G FJ, Fieldsend JK, Porter A et al. Changes in glucosinolate concentrations during the vegetative growth of single- and double-low cultivars of winter oilseed rape. Production and protection of oilseed rape and other brassica crops Aspects of Applied Biology, 1989 (23): 83~90.
- 7 Mithen R. Leaf glucosinolate profiles and their relationships to pest and disease resistance in oilseed rape. Euphytica, 1992 (63): 71~83.
- 8 Nuttall WF, Ukrainetz H, Stewart JWB, Spurr DT. The effect of nitrogen, sulfur and boron on yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L and *Brassica campestris* L) Can. J. Soil Sci. 1987 (67): 549~590.
- 9 Schilling W, Friedt W. Breeding OO-rapeseed (*Brassica napus*) with different glucosinolate content in the leaves. Proc. of the 8th Int Rapeseed Congress, Canada Sasratoon univ. press, 1992.
- 10 Schaug E. Relations between sulfur supply and glucosinolate content of O- and OO-oilseed rape. 7th Int. Rapeseed Congress, Poland: Plant Breeding and Acclimation Inst. 1987.
- 11 Schaug E. Double low oilseed rape in West Germany; sulfur nutrition and levels, Production and protection of oilseed rape and other brassica crops. Aspects of Appl. Biol., 1989 (23): 67~82.
- 12 Schaug E. Glucosinolates - fundamental environmental and agricultural aspects. In: Rennerberg H et al. (Ed), Sulfur nutrition and sulfur assimilation in higher plants, The Hague, The Netherland: Academic publishing bv. 1990.
- 13 Underhill EW. Glucosinolates. In: Encyclopedia of plant physiology, new series vol. 8, secondary plant products. London: Academic Press, 1980.
- 14 Walker KC, Booth EJ. Sulfur research on oilseed rape in Scotland. Sulfur in Agriculture, 1992 (16): 9~15.