

# 不同油菜品种苗期叶柄硝态氮含量 与产量及品质的关系

朱飞飞,王朝辉,李生秀

(西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

**摘要:**油菜是高需氮作物,有效的氮素养分管理是其高产、高效、优质生产的关键。采用大田试验方法,研究了不同施氮水平下 18 个品种油菜苗期叶柄硝态氮含量与其收获期产量和品质的关系。结果表明:同一施氮水平下,苗期不同油菜品种的叶柄硝态氮含量存在明显差异;土壤供氮充足的情况下,苗期叶柄硝态氮含量能反映收获时不同油菜品种间生物量、产量籽粒吸氮量、整株吸氮量变化;苗期油菜叶柄硝态氮含量与株高、分枝节位高度、单株角果数的相关关系受供氮水平的影响;一次有效分枝、每角粒数、千粒重的相关关系与苗期叶柄硝态氮含量无关;无论施氮水平如何,苗期油菜叶柄的硝态氮含量与籽粒各项品质指标均无显著相关。

**关键词:**油菜;硝态氮含量;农学性状;产量;品质

**中图分类号:** S565.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)02-0080-05

在营养元素中,氮素是植物需要量多、需要通过施肥重点补充的营养元素,在通气良好的土壤上,有机质矿化形成的铵态氮,施入的铵态或酰胺态氮肥,都会经硝化作用很快转化为硝态氮,因此硝态氮是进入植物体的主要氮素形态。除作为营养物质外,硝态氮还可以作为植物体各种代谢过程的信号物质<sup>[1]</sup>及渗透调节物质。植株全氮和硝态氮含量常用于作物氮素营养诊断<sup>[2,3]</sup>。Jenkins 等<sup>[4]</sup>的研究表明,作为作物氮营养指标,硝态氮比全氮更为灵敏和简便。根据作物体内的硝态氮含量,调控氮肥用量以控制作物生长发育,可保证作物高产,降低作物体内过量累积硝态氮,避免造成养分资源浪费。

进入植物细胞的硝态氮主要分布在细胞质和液泡中<sup>[5]</sup>,构成叶柄疏导组织的薄壁细胞含有较大的液泡,但却因缺少硝酸还原酶而难以被还原<sup>[6]</sup>。因此叶柄是蔬菜累积硝态氮的主要器官,这一观点已被众多研究证明。艾绍英等<sup>[7]</sup>发现油白菜、大青菜和宁夏圆叶菠菜体内,叶柄的硝态氮含量最高;赵护兵<sup>[8]</sup>等用 8 种不同的土壤对菠菜进行盆栽试验,得到一致结果:叶柄硝态氮含量最高,根次之,叶片最低。王西娜等<sup>[9]</sup>对 30 个不同品种菠菜研究表明,叶柄的硝态氮含量、累积总量均显著高于叶片,是菠菜累积硝态氮的主要器官。陈宝明等<sup>[10]</sup>研究表明,蔬菜各部位中,叶柄硝态氮含量对整株累积硝态氮总

量的贡献最大,与整株硝态氮累积相关性最好。

氮肥用量过大是造成作物大量积累硝态氮的直接原因。童依平研究认为,植物体内硝态氮含量不仅反映了植物氮素的营养状况,还与作物产量及产品品质密切相关<sup>[11]</sup>。油菜是需氮量较大的作物,氮素营养是影响油菜生长发育及最终产量和品质的重要因素。既然硝态氮是植物吸收的主要氮素形态,叶柄又是硝态氮累积的主要器官,那么油菜叶柄硝态氮含量与其生长及后期产量形成是否存在某种联系呢?这是苗期叶柄的硝态氮含量能否作为指导油菜氮肥追施的重要前提。为此,本文以 18 个品种的油菜为材料,探讨了不同品种油菜苗期叶柄的硝态氮含量与后期产量形成及品质的关系,以期对油菜高产优质和肥料高效利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于 2007 年 9 月~2008 年 5 月在西北农林科技大学农作一站试验田进行,前茬作物为冬小麦。耕层土壤(0~20 cm)的基本理化性状为:pH 值为 8.25,有机质 9.6 g/kg,全氮 1.07 g/kg,硝态氮 32 mg/kg,铵态氮 11 mg/kg,Olsen-P 13.8 mg/kg,速效钾为 182.4 mg/kg。

试验于 2007 年 9 月 18 日直播,在施磷( $P_2O_5$ )、

收稿日期:2009-07-24

基金项目:国家自然科学基金项目(30871596 和 40671107);国家科技支撑项目(2006BAD25B09);公益性行业(农业)科研专项(200803030)

作者简介:朱飞飞(1983—),男,河南沈丘人,硕士研究生,主要从事植物营养与生理研究。E-mail: fzfhu0310@163.com。

通讯作者:王朝辉(1968—),男,河北元氏人,教授,主要从事旱地土壤作物氮素及其生态环境效应研究。E-mail: w-zhaohui@263.net。

钾( $K_2O$ )均为  $120 \text{ kg/hm}^2$  的基础上,设施氮(N)120和  $240 \text{ kg/hm}^2$  两个水平,种植 18 个品种的油菜。氮肥为尿素(含氮为 46%),磷肥为过磷酸钙(含  $P_2O_5$  为 12%),钾肥为硫酸钾(含  $K_2O$  为 33%)。氮肥 1/2 作基肥,于播前和磷、钾肥一起施入,1/2 作追肥,于抽薹期施入。18 个油菜品种为 D89(S1)、沪油 15(S2)、川油 20(S3)、656(S4)、蓉油 4 号(S5)、中双 4 号(S6)、湘油 15(S7)、川油 18(S8)、中双 2 号(S9)、中油 821(S10)、华双 5 号(S11)、德油 5 号(S12)、富油 668(S13)、华油 7 号(S14)、中双 9 号(S15)、油研 10 号(S16)、华杂 9 号(S17)、德油杂 988(S18)。小区大小为  $8 \text{ m} \times 9 \text{ m} = 72 \text{ m}^2$ ,每个小区内 18 个品种按行随机排列,1 个品种占 1 行。行距 35 cm,株距 25 cm。试验重复三次,于 2008 年 5 月 20 日收获。

### 1.2 样品采集与测定

苗期植株样品采集与硝态氮测定:于 2008 年 3 月 17~19 日采样。采样在早上 8:30~9:30 进行。仅采集植株地上部分,用无氮吸水纸擦干净后,迅速按器官部位分开,称量鲜重,然后分别切碎混匀,放入冰箱保存待用。

硝态氮在采样当天浸取。称取上述切碎的样品 5.00 g 放入研钵中,加入 1 ml 30%三氯乙酸(用以抑制硝酸还原酶活性)和少量石英砂(约 0.5 g)研磨至匀浆,用 29 ml 蒸馏水准确地转移至 50 ml 离心管中。以 4 000 转/min 的速度离心 10 min,吸取上部清亮溶液 2 ml,定容到 100 ml,用连续流动分析仪测定。样品浸取测定重复 3 次。

收获期样品采集与农学性状测定:收获时,每小区内每个品种随机取 10 株进行考种,包括株高、有效分枝部位高度、单株一次有效分枝数、单株有效角果数、每角粒数、千粒重、单株产量和单株干物重。

种子品质指标测定:不同品种油菜的种子品质性状用 FOSS-NIRsystems5000 近红外光谱仪(美国产)及 wins 软件系统<sup>[12]</sup>分析,包括硫甙、芥酸、含油率、种子蛋白质、油酸、亚油酸、亚麻酸和饱和脂肪酸。

植株与种子全氮测定:不同品种油菜茎秆及籽粒干样用  $H_2SO_4 - H_2O_2$  法消解,消解液中的全氮用连续流动分析仪测定。

所有数据用 SAS 操作系统<sup>[13]</sup>分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 苗期不同品种油菜叶柄硝态氮含量

油菜苗期叶柄硝态氮含量因施氮水平和品种而异(图 1)。施氮量为  $120 \text{ kg/hm}^2$  时,不同品种油菜叶柄硝态氮平均含量为  $217 \text{ mg/kg}$ ,施氮量为  $240 \text{ kg/hm}^2$  时,平均含量为  $653 \text{ mg/kg}$ ,后者是前者的 3 倍;施氮量为  $120 \text{ kg/hm}^2$  时,川油 20(S3)叶柄硝态氮含量最高,为  $863 \text{ mg/kg}$ ,华油 7 号(S14)含量最低为  $21 \text{ mg/kg}$ ;施氮量为  $240 \text{ kg/hm}^2$  时,油研 10 号(S16)叶柄硝态氮含量最高为  $917 \text{ mg/kg}$ ,沪油 15(S2)的含量最低为  $342 \text{ mg/kg}$ 。说明在施氮水平较高或土壤供氮充分时叶柄硝态氮含量较高,反之较低。相同施氮量水平下,不同油菜品种叶柄的硝态氮含量差异显著。

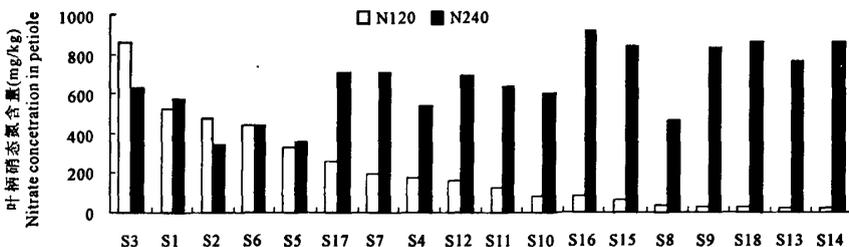


图 1 不同品种油菜苗期叶柄硝态氮含量

Fig.1 Nitrate N concentration of different rapeseed varieties in petiole at seedling stage

### 2.2 苗期叶柄硝态氮含量与收获时生物量、产量的关系

不同品种油菜苗期叶柄硝态氮含量与收获期生物量、产量的关系因施氮量而异(图 2)。相关分析表明,在施氮量为  $240 \text{ kg/hm}^2$  时,叶柄硝态氮含量与地上部生物量、单株产量均有较强的正相关,相关系数( $r$ )分别为 0.355 和 0.458( $n = 18$  时,  $r_{0.05} =$

0.468,  $r_{0.01} = 0.590$ ,下同),而在施氮量为  $120 \text{ kg/hm}^2$  时,无此关系。可见,在施氮水平较高或土壤供氮充分时,油菜苗期叶柄硝态氮含量在一定程度上能反映不同品种收获期生物量、产量变化。

### 2.3 苗期叶柄硝态氮含量与植株农学性状的关系

苗期油菜叶柄硝态氮含量与植株农学性状的关系亦因施氮量而异(图 3)。

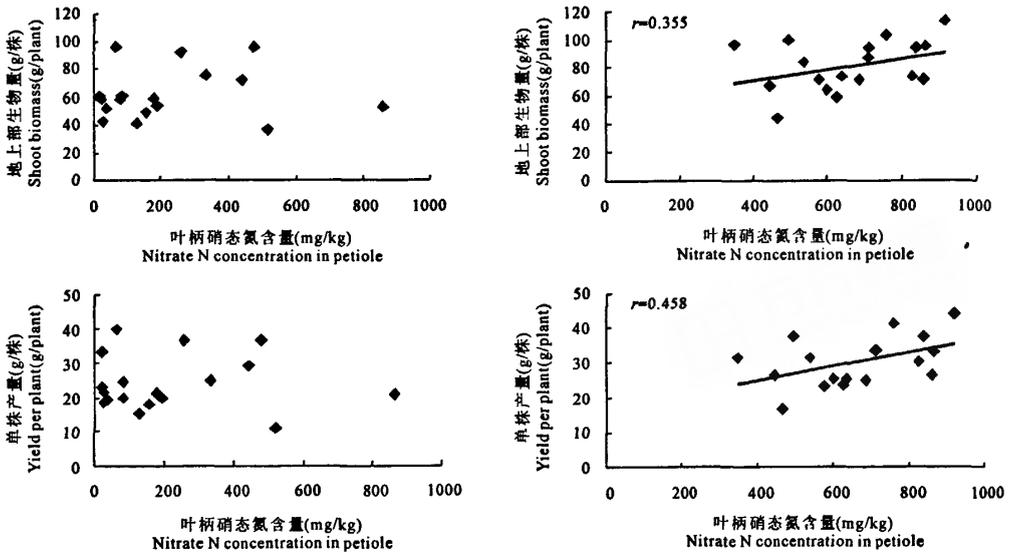


图 2 苗期叶柄硝态氮含量与油菜收获期生物量、产量的关系(左:施氮 120 kg/hm<sup>2</sup>; 右:施氮 240 kg/hm<sup>2</sup>)

Fig.2 Nitrate N concentration of petiole at seedling stage and its relationship to the biomass and seed yield of rapeseed at harvest(Left:N rate:120 kg/hm<sup>2</sup>; Right:N rate:240 kg/hm<sup>2</sup>)

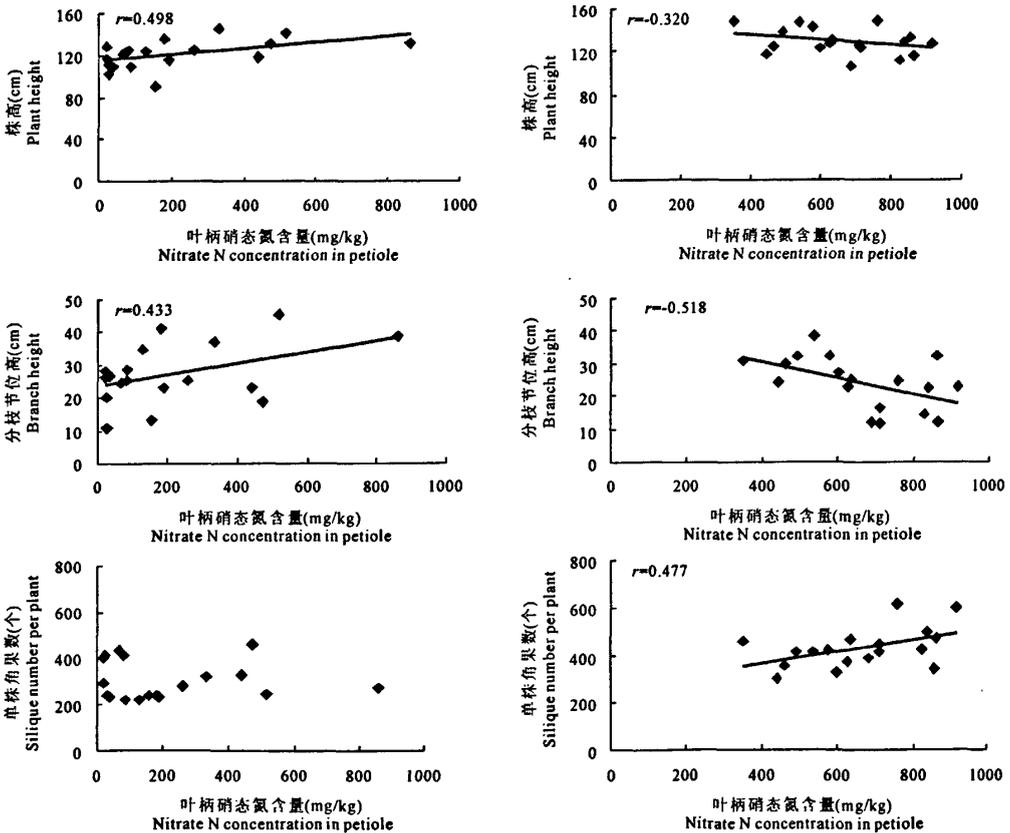


图 3 苗期叶柄硝态氮含量与植株农学性状的关系(左:施氮 120 kg/hm<sup>2</sup>; 右:施氮 240 kg/hm<sup>2</sup>)

Fig.3 Nitrate N concentration of petiole at seedling stage and its relationship to the plant agronomic traits over different rapeseed varieties(Left:N rate:120 kg/hm<sup>2</sup>; Right:N rate:240 kg/hm<sup>2</sup>)

施氮量为 120 kg/hm<sup>2</sup> 时,苗期叶柄硝态氮含量与株高、分枝节位高度呈正相关,相关系数(*r*)分别为 0.498\* 和 0.433,与单株总角果数无明显相关性;施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup> 时,叶柄硝态氮含量与株高、分枝节位高却表现出相反的相关性,相关系数(*r*)分别为 -0.320 和 -0.518\*,与单株总角果数呈显著正相关(*r* = 0.477)。此外,试验还对不同品种油菜苗期硝态氮含量与一次有效分枝数、每角粒数、干粒重等进行了相关分析,结果表明两种施氮量水平下,苗期硝态氮含量与这些指标均无相关关系。说明油菜苗期硝态氮含量与株高、分枝节位高度、单株角果数的相关关系受供氮水平的影响;油菜一次有效分

枝、每角粒数、干粒重与苗期叶柄硝态氮含量无关。  
2.4 苗期叶柄硝态氮含量与收获期植株吸氮量的关系

苗期叶柄硝态氮含量与收获期植株吸氮量的关系同样因施氮量而异(图 4)。施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup> 时不同品种油菜苗期叶柄硝态氮含量与其籽粒吸氮量、地上部吸氮量均为显著正相关,相关系数(*r*)分别为 0.562\* 和 0.560\* ;而施氮量为 120 kg/hm<sup>2</sup> 时,无显著相关关系。可见,在土壤供氮充足的情况下,苗期油菜叶柄的硝态氮含量能反映其后期籽粒及植株的氮素累积水平,苗期硝态氮含量高的品种,其后期籽粒及整株的吸氮量也较高。

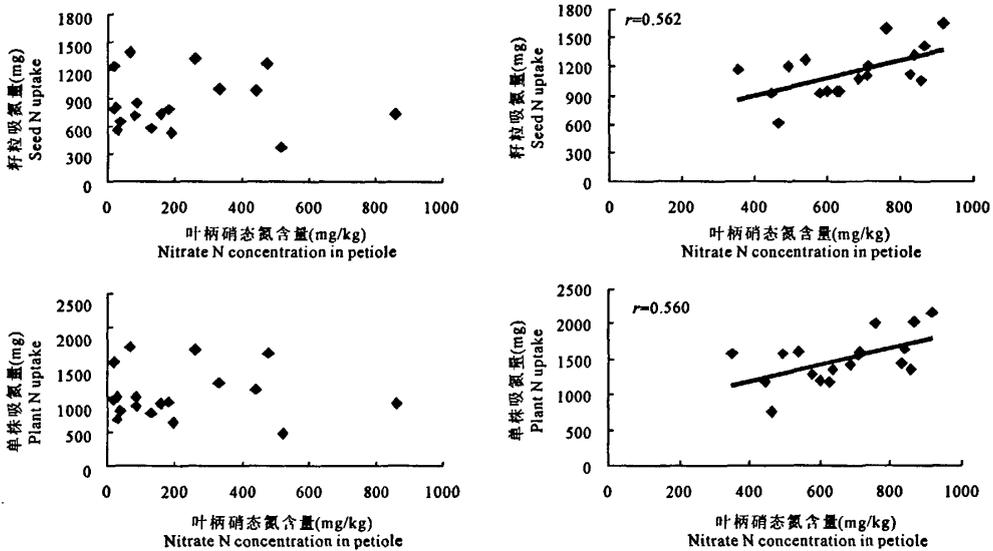


图 4 苗期叶柄硝态氮含量与收获期植株吸氮量的关系(左:施氮 120 kg/hm<sup>2</sup>; 右:施氮 240 kg/hm<sup>2</sup>)

Fig.4 Nitrate N concentration of petiole at seedling stage and its relationship to N uptake in seeds and in whole plant over different rapeseed varieties(Left: N rate: 120 kg/hm<sup>2</sup>; Right: N rate: 240 kg/hm<sup>2</sup>)

2.5 苗期叶柄硝态氮含量与籽粒品质的关系  
苗期油菜叶柄的硝态氮含量与籽粒各项品质指

标均未达到显著相关,仅个别性状有负相关趋势(图 5)。

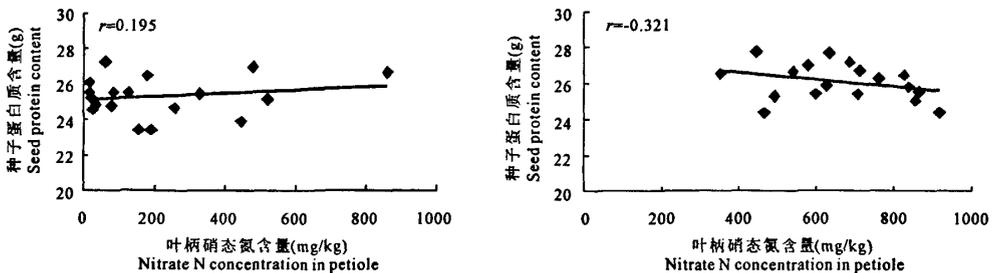


图 5 不同品种油菜苗期叶柄硝态氮含量与籽粒品质的关系(左:施氮 120 kg/hm<sup>2</sup>; 右:施氮 240 kg/hm<sup>2</sup>)

Fig.5 Nitrate N concentration of petiole at seedling stage and its relationship to seed qualities over different rapeseed varieties(Left: N rate: 120 kg/hm<sup>2</sup>; Right: N rate: 240 kg/hm<sup>2</sup>)

施氮量为 120 kg/hm<sup>2</sup> 时, 苗期硝态氮累积与种子蛋白质无相关关系; 施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup> 时, 却呈负相关趋势( $r = -0.321$ )。不同施氮量水平下, 芥酸、硫甙和含油率与苗期叶柄硝态氮含量均无显著相关关系。

### 3 讨论与结论

研究表明, 在施氮水平较高或土壤供氮充分时叶柄硝态氮含量较高, 反之较低。相同施氮量水平下, 不同油菜品种叶柄的硝态氮含量差异显著。刘代平等<sup>[14]</sup>的研究表明, 不同油菜品种在施氮与不施氮处理间植株茎叶硝酸盐含量存在显著差异。韩德昌等<sup>[15]</sup>也发现, 施用氮肥能明显增加油菜硝酸盐累积, 且存在油菜硝酸盐累积随施氮量增加而明显增加的趋势。油菜苗期叶柄的硝态氮含量与后期产量形成、植株性状及植株吸氮量的关系亦因施氮量水平而不同。当施氮量较高, 为 240 kg/hm<sup>2</sup> 时, 叶柄的硝态氮含量与后期产量、植株农艺性状及植株吸氮量呈较强相关关系; 而施 N 量为 120 kg/hm<sup>2</sup> 时, 除株高、分枝节位高外, 均呈弱相关关系。这表明只有在土壤氮素供应充分的情况下, 作物才能充分表现其氮素吸收利用的潜力, 在产量等性状上表现出不同油菜品种对土壤氮素利用能力的差异。Nelson 认为土壤中硝态氮含量是影响植物体内硝酸盐浓度的主要因素, 土壤供应养分能力较差, 作物吸收不到必要的氮素<sup>[16]</sup>, 也影响叶柄等器官对硝态氮的累积, 进而严重影响作物生长速度和产量<sup>[17]</sup>。相对较高的土壤氮水平满足了油菜的氮素需要, 也使叶柄器官累积的硝态氮与植株生长发育有较好的相关性。可见, 在一定施氮量条件下, 油菜苗期叶柄硝态氮含量与收获期产量形成有正相关关系。因此, 在充分供应氮肥的情况下, 通过研究苗期不同品种油菜叶柄的硝态氮含量预测其收获期产量及氮素吸收利用有一定的可行性, 对油菜高产高效施肥有重要意义。

苗期叶柄硝态氮含量与品质的相关性不及产量、植株性状和植株吸氮量明显, 说明油菜各项品质指标受叶柄硝态氮含量的影响相对较弱。可能是由于油菜的品质性状(如硫甙、芥酸)主要受遗传基因控制<sup>[18]</sup>, 并由加性效应、显性效应和母体效应共同决定<sup>[19]</sup>, 使得品质性状在不同品种间的差异与叶柄硝态氮含量无显著关系。此外, 苗期硝态氮含量只占油菜整个生育期氮素累积的一小部分, 作物生长期又历经氮素的转移、还原等过程<sup>[20]</sup>, 最后这部

分硝态氮能进入籽粒, 参与品质形成的可能少之又少, 使得籽粒品质受苗期硝态氮含量的影响相对减弱。

#### 参考文献:

- [1] Crawford N M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth[J]. *Plant Cell*, 1995, 7: 859—868.
- [2] Bouma D. Diagnosis of mineral deficiencies using plant tests [C]// Lauchli A, Bielecki RL. *Inorganic Plant Nutrition, Encyclopedia of Plant Physiology (New Series)*. Vol.15A. Berlin: Springer-Verlag, 1983: 120—146.
- [3] Hocking P J, Randall P J, Pinkerton A. Mineral nutrition of linseed and fiber flax[J]. *Adv Agron*, 1987, 41: 221—292.
- [4] Jenkins J N, Nichols Jr JR, McCarty Jr JC, et al. Nitrate in petioles of three cottons. *Crop Sci*, 1982, 22: 1230—1233.
- [5] Der Leij M, Smith S J. Remobilization of vacuolar stored nitrate in barley root cells[J]. *Planta*, 1998, 205: 64—72.
- [6] Orsel M, Filleur S, Fraiser V, Daniel - Vedele F. Nitrate transport in plants: Which gene and which control[J]. *J Exp Bot*, 2002, 53: 825—833.
- [7] 艾绍英, 唐拴虎, 李生秀, 等. 氮素供应水平对蔬菜硝酸盐累积与分布的影响[J]. *华南农业大学学报*, 2000, 21(2): 14—17.
- [8] 赵护兵, 王朝辉, 李生秀. 蔬菜不同器官硝态氮与钾素的含量及关系[J]. *西北农林科技大学学报*, 2001, 29(4): 43—46.
- [9] 王西娜, 王朝辉, 陈宝明, 等. 不同品种菠菜叶柄和叶片的硝态氮含量及其与植株生长的关系[J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(5): 675—681.
- [10] 陈宝明, 王朝辉, 李生秀, 等. 野菜类蔬菜不同部位的硝态氮累积对氮肥的响应[J]. *植物生理学通讯*, 2006, 42(4): 657—660.
- [11] 童依平, 蔡超, 刘全友, 等. 植物吸收硝态氮的分子生物学进展[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(4): 433—440.
- [12] 郑治洪, 何惠, 陈雪妮, 等. 油菜品质参数的近红外光谱测试技术[J]. *种子*, 2003, 129(3): 57—58.
- [13] 唐启义, 冯明光. *实用统计分析及其计算机处理平台* [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [14] 刘代平, 宋海星, 刘强, 等. 不同施氮水平下油菜地上部生理特性研究[J]. *湖南农业大学学报*, 2008, 34(1): 100—104.
- [15] 韩德昌, 陈妍, 关连珠, 等. 氮肥种类及用量对油菜硝酸盐累积的影响[J]. *土壤肥料科学*, 2005, 5(21): 292—294.
- [16] Nelson D W. Effect of nitrogen excess on quality of food and fiber// Hanch R D. *Nitrogen in crop production*, ASA, Madison WI, 1984: 643—661.
- [17] 程一松, 胡春胜, 王成, 等. 养分胁迫下的夏玉米生理反应与光谱特征[J]. *资源科学* 2001, 23(6): 54—58.
- [18] 傅寿仲. 中国油菜品质育种进展[J]. *江苏农业学报*, 1999, 15(4): 241—246.
- [19] 王瑞, 李加纳, 谌利, 等. 甘蓝型黄籽油菜品质性状的遗传分析[J]. *西南农业大学学报*, 2004, 26(5): 532—534.
- [20] 李生秀, 李宗让, 田育鸿, 等. 植物地上部分氮素的挥发损失[J]. *植物营养与肥料学报*, 1995, 1(2): 18—25.

(英文摘要下转第 98 页)

- 和水势的日变化[J]. 甘蔗, 2002, 9(2): 1—7.
- [29] 张红祥, 牛俊义, 轩春香, 等. 干旱胁迫及复水对豌豆叶片脯氨酸和丙二醛含量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2008, 43(5): 50—54.
- [30] 黄诚梅, 杨丽涛, 江文, 等. 聚乙二醇胁迫对甘蔗生长前期叶片水势及脯氨酸代谢的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(1): 205—208.
- [31] 袁有波, 李继新, 丁福章, 等. 干旱胁迫对烤烟叶片脯氨酸和可溶性蛋白质含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(21): 8891—8892.
- [32] 魏良民. 几种旱生植物碳水化合物和蛋白质变化的研究[J]. 干旱区研究, 1991, 8(4): 38—41.
- [33] 杨峰, 胡景江, 武抗菊. 外源壳聚糖对苹果幼苗生长及抗旱性的影响[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 60—63.
- [34] 王延峰, 郝振荣, 常海飞. 壳聚糖处理对苜蓿幼苗抗旱性的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(24): 10322—10323.
- [35] 从心黎, 黄绵佳, 冯妍, 等. 外源壳聚糖对干旱胁迫下红掌苗的生理效应[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(1): 103—105.

## Effect of oligochitosan on drought resistance of sugarcane seedlings

YE Yan-ping, LOU Yu-qiang, LUO Xiang-ying, ZHOU Qi-wei, JIANG Hong-tao  
(College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005, China)

**Abstract:** The relative soil water content and some drought resistance indexes including leaf water potential, proline content and soluble protein content were employed for studying the effect of spraying leaves with three different molecular weight ( $M_w < 3\ 000$ ;  $3\ 000 < M_w < 5\ 000$ ;  $5\ 000 < M_w < 10\ 000$ ) oligochitosan with concentration of 50 mg/L on drought resistance of sugarcane. The result showed that oligochitosan can delay the decrease of water potential, proline content and soluble protein content under drought stress, which implies that oligochitosan has a potential for drought-resistant modulation.

**Keywords:** chitosan; oligochitosan; sugarcane; drought resistance

(上接第 84 页)

## Relationship of nitrate N concentration in petiole at seedling stage to seed yield and quality at harvest over rapeseed cultivars

ZHU Fei-fei, WANG Zhao-hui, LI Sheng-xiu  
(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Rapeseed is one of the high nitrogen-requiring crops. Effective management of nitrogen is the key for high yield, high efficiency and high quality rapeseed production. Field experiment was carried out to study nitrate N concentration in petiole at seedling stage and its relationship to seed yield and quality over 18 rapeseed varieties. The obtained results showed that petiole nitrate N concentrations were significantly different over rapeseed varieties at the same N application rate. Petiole nitrate N concentrations at seedling stage could reflect the change of shoot biomass, seed yield, and N uptake in seed and shoot over varieties at harvest, when soil N was sufficiently supplied. However, no significant relationship was observed between petiole nitrate N concentration at seedling stage and primary branches, seeds per pod and 1000-seed weight, and its relationships to plant height, branch height and silique number per plant were different under different N application rates. Whether the N rate was high or low, no significant relation was showed between petiole nitrate N concentration at seedling stage and seed quality indexes at harvest.

**Keywords:** rapeseed; nitrate N concentration; agronomic traits; yield; quality