

# 两个生菜基因型根系液泡硝酸盐调动与植株生长的关系\*

王波<sup>1,2</sup> 赖涛<sup>1,3</sup> 贾莉君<sup>1</sup> 沈其荣<sup>1†</sup>

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

(2 苏州大学园艺系, 江苏苏州 215006)

(3 江西省红壤研究所, 南昌 331717)

## RELATIONSHIP BETWEEN NITRATE REMOBILIZATION IN ROOT VACUOLES AND PLANT GROWTH OF TWO GENOTYPES OF LETTUCE

Wang Bo<sup>1,2</sup> Lai Tao<sup>1,3</sup> Jia Lijun<sup>1</sup> Shen Qirong<sup>1†</sup>

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

(2 Faculty of Horticulture, Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215006, China)

(3 The Red Soil Research Institute of Jiangxi Province, Nanchang 331717, China)

关键词 生菜; 液泡; 硝酸盐; 再调动

中图分类号 Q945.3 文献标识码 A

蔬菜中硝酸盐因其对人类健康有不利影响而受到广泛的关注<sup>[1~4]</sup>。沈其荣等<sup>[5]</sup>认为植物液泡作为临时的无机离子和养分离子的储存库,在维持细胞质离子浓度的动态稳定的过程中有着很重要的作用。硝态氮是液泡中储存大量离子的成分之一,当外源硝态氮供应不足时,储存于液泡中的硝态氮能被调配出来维持细胞质中硝酸盐浓度的稳定而满足植物对氮的需求。同样也有人提出不同的观点,认为细胞液泡内的硝酸盐离子是不容易被植物再调动的<sup>[5]</sup>,植物在细胞质中同化硝酸盐离子的速度远远超过了硝酸盐离子从液泡中释放进而被植物再利用的速率,仅仅通过调动液泡内的硝酸盐是不能够维持植物的正常生长的。

我们先前在水稻、菠菜、小白菜、番茄、生菜等作物上的研究发现同种作物不同品种硝酸盐累积与利用存在显著差异,并且能够利用这种差异来为培育氮高效利用品种或降低植株体内的硝酸盐含量提供有效途径<sup>[4,7~12]</sup>。因此,研究不同作物品种对体内

硝酸盐离子的再利用能力的强弱就有望能在一定程度上反映不同作物品种对氮素能否高效利用<sup>[13]</sup>。

本研究以 2 个典型的基因型生菜(对增铵营养敏感的申选 1 号及对增铵营养钝感的耐热耐抽苔)为材料<sup>[12]</sup>,利用双阻硝酸盐选择性微电极测定这 2 个典型生菜基因型先在硝酸盐诱导、然后再氮素亏缺,继而再恢复氮素供应情况下,液泡中硝酸盐的分布及调动的情况,以期为培育高产和肥水资源高效利用的生菜品种,以及降低生菜体内硝酸盐含量提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 植物材料

试验选择本试验小组在前期试验中所得到的对不同形态氮素营养敏感品种生菜及钝感品种生菜为材料,分别是申选 1 号及耐热耐抽苔。

### 1.2 试验处理

水培营养液采用专门适用生菜培育的山崎营养

\* 国家自然科学基金项目(30270790)和江苏省政府项目(R2317169)资助

† 通讯作者, Tel: 025-84395212; E-mail: shenqirong@njau.edu.cn

作者简介: 王波(1965~),男,江苏扬州人,副教授,博士研究生,主要研究方向:蔬菜氮素营养。Tel: 025-84395212; E-mail: wangb@srda.edu.cn

收稿日期: 2006-12-27; 收到修改稿日期: 2007-04-26

液:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   $236 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{KNO}_3$   $404 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$   $57 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{MgSO}_4$   $123 \text{ mg L}^{-1}$ , 在此基础上将  $\text{NH}_4\text{N}$  换成  $\text{NO}_3\text{N}$ , 微量元素采用 Arnon 营养液配方, 其中  $\text{Fe}$   $2.8 \text{ mg L}^{-1}$  以  $\text{Fe-EDTA}$  配入。总氮浓度均为  $91 \text{ mg L}^{-1}$ 。保持所有处理配方中的  $\text{K}$ 、 $\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$  的比例与原始配方一致, 在所有营养液中均加入  $7 \mu\text{mol L}^{-1}$  硝化抑制剂二氰胺, 以防止营养液中  $\text{NH}_4^+$  转化为  $\text{NO}_3^-$ 。在诱导处理及恢复供氮处理采用该营养液, 氮亏缺处理就是在山崎营养液的基础上去掉氮素营养。

### 1.3 处理方法

将所选取 2 个生菜品种消毒后播于盛有干净石英砂的育苗箱中, 并将育苗箱放在  $18^\circ\text{C}$  的恒温培养箱中发芽, 15 d 后移到日光温室中, 定期浇水, 并在移栽前 2 d 分别用总氮浓度为  $1 \text{ mg L}^{-1}$  的营养液喷洒。移到日光温室 1 周后选择长势均匀的生菜苗移栽到有供氧装置的 5 L 周转箱中水培, 周转箱上覆盖 18 孔的 PVC 盖板, 每块板上栽同一品种的生菜 16 株苗(另 2 个孔用来通气)。植株的根基部分用海绵包裹, 使其固定在板上。每一处理设 4 个重复, 每天换 1 次营养液, 并用稀  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  或  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液调节 pH 至 6.5 左右。

### 1.4 收获与测定

先进行供氮处理, 每天于统一时间采样并测定液泡中硝酸盐浓度, 当其维持 2 d 基本不变时, 进行缺氮处理 7 d, 然后再进行恢复供氮处理 7 d。在试验处理的每天上午 9:30 左右采样。然后采用双阻硝酸盐选择性微电极测定根尖细胞中细胞质和液泡中硝酸盐含量。微电极的制作、标定及样品测定根据文献[13~15]。

### 1.5 数据处理

试验所获得的数据均经过 SPSS11.5 统计分析, 方差分析采用 Fisher's LSD test。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮亏缺及恢复供氮对生菜生物量的影响

**2.1.1 氮亏缺及恢复供氮对生菜地上部生物量的影响** 由图1可知, 在氮亏缺时生菜的地上部生物量增加缓慢。氮亏缺第 7 天与第 1 天相比, 申选 1 号地上部生物量增加  $1.432 \text{ g 株}^{-1}$ , 平均每天增加  $0.209 \text{ g 株}^{-1}$ , 耐热耐抽苔地上部生物量增加  $1.112 \text{ g 株}^{-1}$ , 平均每天增加  $0.185 \text{ g 株}^{-1}$ 。这可能是由于植

株缺氮导致植株生长缓慢, 当到第 8 天开始恢复供应氮素时, 地上部生物量依然维持原有的速率在增加, 生物量并没有迅速增加, 这可能是由于虽然这个时候营养液中含有较多的氮素, 但由于植株从氮亏缺状态调整到恢复供氮状态需一个过程, 而且所吸收的氮素还没有来得及转化为生物量。一直到恢复供氮第 4 天(整个实验的第 11 天)以后生物量才迅速增加, 申选 1 号和耐热耐抽苔在第 12 天的地上部生物量分别较第 11 天增加了  $2.484 \text{ g 株}^{-1}$  和  $2.351 \text{ g 株}^{-1}$ , 差异均达极显著水平。说明被吸收的氮素已经开始迅速地转化为生物量, 植株恢复了正常生长。

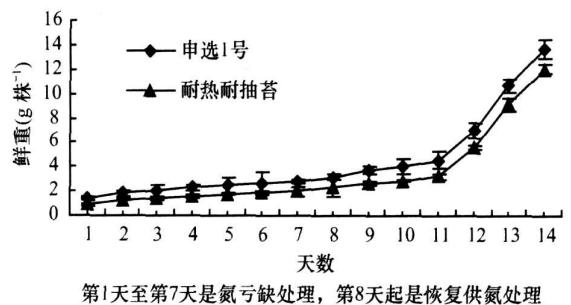


图 1 氮亏缺及恢复供氮对植株地上部生物量影响

### 2.1.2 氮亏缺及恢复供氮对生菜地下部生物量的影响

图 2 显示在营养液中氮亏缺情况下, 生菜地下部生物量的增加较为缓慢。氮亏缺第 7 天与第 1 天相比, 申选 1 号地下部生物量仅增加  $0.472 \text{ g 株}^{-1}$ , 耐热耐抽苔地上部生物量仅增加  $0.370 \text{ g 株}^{-1}$ 。恢复供氮后, 与地上部相类似的是一直到供氮第 4 天以后根系的生物量才迅速增加。

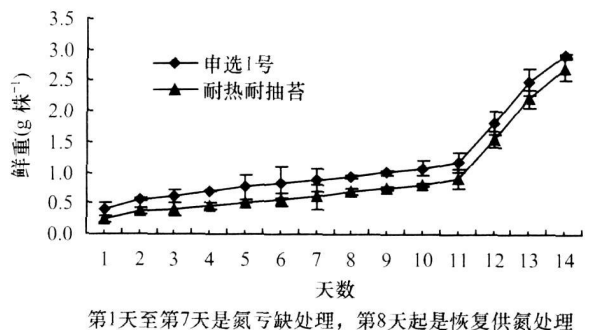


图 2 氮亏缺及恢复供氮对植株地下部生物量影响

从不同生菜品种地上部和地下部生物量在氮亏缺营养液及恢复供氮营养液中的反应角度来看, 虽然申选 1 号和耐热耐抽苔生菜对本试验处理反应相类似(图 1, 图 2), 但 2 个品种之间也存在一定的差

异。无论是地上部还是地下部, 申选 1 号的生物量在氮亏缺营养液及恢复供氮营养液中均高于耐热耐抽苔生菜。申选 1 号和耐热耐抽苔生菜地下部生物量的差值在氮亏缺时期变化不大(图 3)。从氮亏缺及恢复供氮对地上部生物量差值的影响来看, 在氮亏缺情况下, 随着处理时间的延长, 申选 1 号和耐热耐抽苔生菜地上部生物量的差距逐渐增大, 从第 1

天相差  $0.518 \text{ g 株}^{-1}$ , 到第 7 天相差  $0.838 \text{ g 株}^{-1}$ , 增加了 61.65%。当恢复供氮后, 申选 1 号和耐热耐抽苔生菜地上部生物量的差距随着时间的增加而迅速增加, 从恢复供氮第 1 天相差  $0.885 \text{ g 株}^{-1}$ , 到恢复供氮第 7 天相差  $1.564 \text{ g 株}^{-1}$ , 增加了 76.72%。说明申选 1 号对氮素营养恢复供应的敏感程度较耐热耐抽苔生菜强。

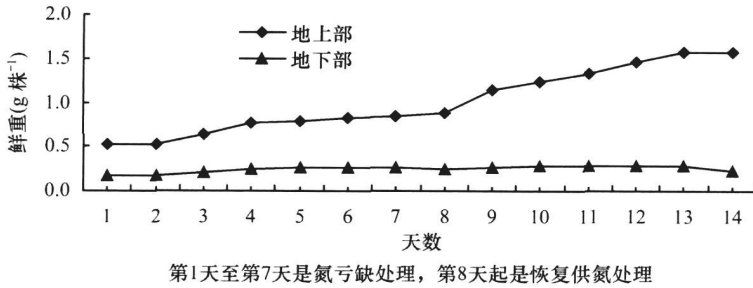


图 3 氮亏缺及恢复供氮对申选 1 号和耐热耐抽苔生物量差值的影响

## 2.2 氮亏缺及恢复供氮对生菜根冠比的影响

在氮亏缺情况下, 2 个生菜品种的根冠比均逐渐增加(图 4)。说明在氮亏缺胁迫下, 与地上部相比, 地下部生物量增加相对较多, 这可能是植株适应氮素营养胁迫的一种机制, 即在氮素营养胁迫的情况下, 植物试图通过将较多的养分及能源分配到根系, 尽量保证根系的生长, 以达到吸收更多养分的目的。而在恢复供氮后, 2 个品种生菜的根冠比均逐渐降低(图 4)。说明由于植株能够吸收到足够多的氮素, 就将较多的养分及能源物质分配到地上部, 因此, 与地下部生长情况相比较, 地上部就得到了较快的生长。

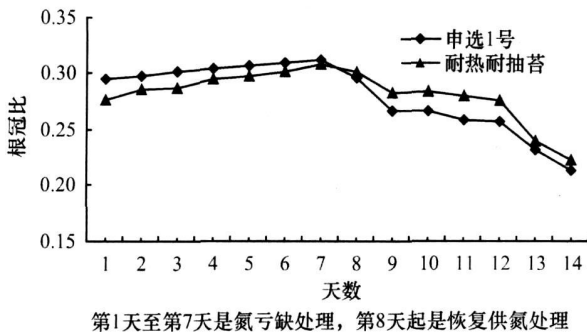


图 4 氮亏缺及恢复供氮对申选 1 号和耐热耐抽苔生菜根冠比的影响

## 2.3 氮亏缺对植株根系亚细胞 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 调动的影

众所周知, 液泡的体积是远远大于细胞质的体积。图 5 显示根系液泡中的硝酸盐含量显著高于细

胞质的硝酸盐的含量, 说明植株体内的硝酸盐主要累积在液泡中, 植株体内硝酸盐含量的变化主要由液泡硝酸盐变化引起, 要有效降低蔬菜体内硝酸盐含量就必须从降低液泡中硝酸盐含量着手。

氮亏缺对根细胞液泡中硝酸盐含量的影响很显著(图 5), 随着氮亏缺时间的增加, 申选 1 号和耐热耐抽苔生菜液泡中硝酸盐含量均迅速下降, 而细胞质中硝酸盐含量受氮亏缺的影响不大, 基本上维持在  $4 \text{ mmol L}^{-1}$  左右。说明 2 个品种生菜液泡中的硝酸盐在氮亏缺时均能被很快调出补充到细胞质中, 从而保持细胞质中硝酸盐含量基本稳定, 以维持植株正常的生长发育。

从不同品种生菜根系液泡中硝酸盐在氮亏缺情况下的表现来看, 申选 1 号液泡中硝酸盐的含量在氮亏缺第 5 天时就基本维持在  $12 \sim 13 \text{ mmol L}^{-1}$  左右, 而耐热耐抽苔生菜液泡中硝酸盐的含量在氮亏缺第 6 天时才基本维持在  $12 \sim 13 \text{ mmol L}^{-1}$  左右。说明申选 1 号液泡中硝酸盐的调动较耐热耐抽苔快。即在氮素胁迫情况下, 与耐热耐抽苔生菜相比, 申选 1 号液泡中的硝酸盐能够更迅速地被调动出来, 补充到细胞质中去, 而使植株更少受到氮素胁迫的不利影响。

## 2.4 恢复供氮对植株根系细胞中 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 的影响

恢复供氮对植株根细胞液泡中硝酸盐含量有显著影响(图 6)。恢复供氮后 2 个品种生菜根细胞的液泡中硝酸盐含量随着恢复供氮时间的延长而逐渐

增加,第5天后硝酸盐含量达到高点,然后就不再增加。这一点与恢复供氮后生物量的变化有区别,恢复供氮后生物量直至第4天才迅速增加。在整个恢

复供氮时期,细胞质中硝酸盐的含量仍然基本上保持不变,基本上维持在  $4 \text{ mmol L}^{-1}$  左右。

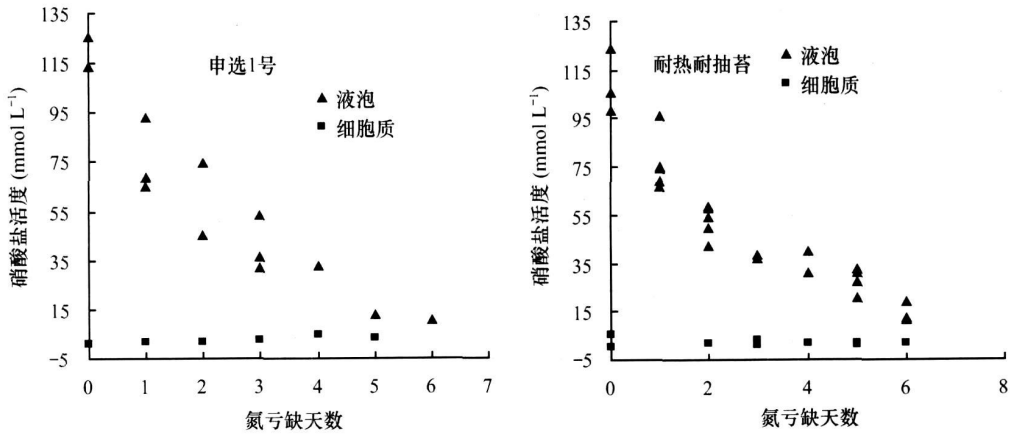


图5 氮亏缺对亚细胞水平硝酸盐浓度的影响

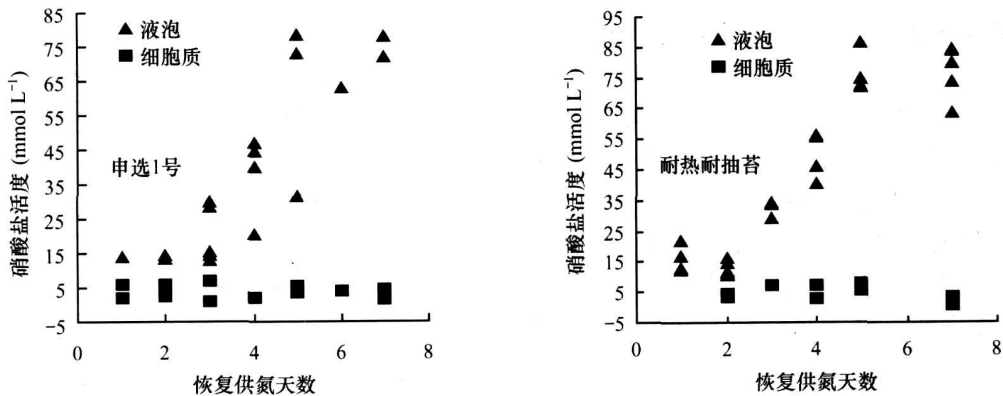


图6 恢复供氮对亚细胞水平硝酸盐浓度的影响

### 3 讨 论

虽然大部分硝酸盐被储存在液泡中,然而对植物生长发育来说,细胞质中硝酸盐具有更加重要的作用<sup>[5, 16~18]</sup>。用硝酸盐电极测定细胞质中硝酸盐浓度发现,在正常情况下,细胞质中的硝酸盐浓度一般较液泡低,且较为稳定,液泡中硝酸盐浓度一般较细胞质高<sup>[9, 12, 17, 18]</sup>。在环境缺氮时,液泡中的硝酸盐可以被调出补充细胞质中被代谢掉的硝酸盐,但液泡中硝酸盐被调出速度的大小,以及液泡中硝酸盐能够维持的最低浓度的大小对植物高效利用氮素有重要意义。为了研究生菜根系亚细胞组织中硝酸盐的再调动,试验首先用含有较高浓度硝态氮营养液诱导生菜幼苗,使过量的硝酸盐得以

在液泡中积累。每天检测根尖表皮细胞质和液泡中硝酸盐含量,发现细胞质中硝酸盐浓度基本维持不变( $4.0 \text{ mmol L}^{-1}$ ),液泡对硝酸盐离子的积累不是无极限的,当液泡中硝酸盐含量达到一定程度后,其含量就不再增加,说明根细胞液泡中的硝酸盐离子在外界供氮的情况下没有发生进一步的积累而是达到了饱和。停止硝态氮供应后,发现生菜根表皮细胞的液泡中硝酸盐含量迅速降低,但细胞质的硝酸盐离子浓度始终维持在低浓度( $4.0 \text{ mmol L}^{-1}$ )左右而保持恒定不变。原来储存在液泡中的硝酸盐离子被调动出来补充到细胞质中去,用以补偿因氮素同化而消耗的硝酸盐。Miller等<sup>[15]</sup>也有类似结论。

与氮亏缺前相比,在氮亏缺第1天申选1号根系细胞液泡中的硝酸盐浓度下降了  $43.96 \text{ mmol L}^{-1}$ ,而

耐热耐抽苔下降  $33.09 \text{ mmol L}^{-1}$ , 到氮亏缺第 5 天申选 1 号根系细胞液泡中的硝酸盐浓度为  $12.97 \text{ mmol L}^{-1}$ , 而耐热耐抽苔为  $27.63 \text{ mmol L}^{-1}$ 。说明在氮亏缺情况下, 申选 1 号根系细胞液泡中的硝酸盐浓度下降较耐热耐抽苔快, 硝酸盐浓度下降快说明液泡中硝酸盐补充到细胞质因同化过程所造成硝酸盐浓度减少的速度就快, 植株就较少受到氮素胁迫的影响, 说明与耐热耐抽苔相比, 申选 1 号能更快地适应外界氮素营养的改变。在氮亏缺第 6 天申选 1 号根系细胞液泡中的硝酸盐浓度下降至  $10.48 \text{ mmol L}^{-1}$  (不再继续下降), 而耐热耐抽苔为  $12.64 \text{ mmol L}^{-1}$  (不再继续下降), 申选 1 号根细胞液泡能够维持较耐热耐抽苔更低的硝酸盐浓度, 说明与耐热耐抽苔相比, 申选 1 号能将更多的硝酸盐调动出来以维持细胞质的硝酸盐浓度在一个正常的范围, 对外界氮素营养胁迫有更强的适应能力。

在恢复供氮后, 液泡中硝酸盐浓度开始上升, 液泡表现出积累硝酸盐的能力。恢复供应硝酸盐后不同品种对液泡积累速度有差异, 开始时申选 1 号根系液泡硝酸盐浓度低于耐热耐抽苔 (分别为  $10.48 \text{ mmol L}^{-1}$  和  $12.64 \text{ mmol L}^{-1}$ )。过了 1 天后, 生菜根系液泡硝酸盐的浓度开始提高, 说明此时生菜吸收的硝酸盐除了满足代谢外, 还有剩余的硝酸盐被储存在液泡中。但不同品种生菜储存硝酸盐的量是不同的, 申选 1 号根系液泡硝酸盐的浓度增加了  $6.09 \text{ mmol L}^{-1}$ , 而耐热耐抽苔仅增加  $2.32 \text{ mmol L}^{-1}$ , 即第 2 天申选 1 号根系液泡硝酸盐的浓度就开始高于耐热耐抽苔, 并且这个趋势一直保持到试验结束。说明在恢复供氮后, 申选 1 号吸收硝酸盐的速度大于耐热耐抽苔, 申选 1 号根系液泡中硝酸盐补充较耐热耐抽苔迅速。因此, 从不同生菜品种在氮素诱导处理、继而氮素亏缺处理、再恢复供氮处理下, 根尖表层液泡中硝酸盐调动的角度来看, 与耐热耐抽苔相比, 申选 1 号属于耐低氮基因型或氮素利用高效基因型, 而耐热耐抽苔相对而言就属于低氮敏感基因型或氮素利用低效型。

## 4 结 论

1) 氮亏缺处理时, 地下部生长速率较地上部快, 根冠比逐渐增加。在恢复供氮处理时, 地上部生长速率较地下部快, 根冠比逐渐降低。恢复供氮 4 d 后, 地上部生物量才迅速增加, 与液泡中硝

酸盐活度增加相比, 有滞后效应。申选 1 号对氮亏缺及恢复供氮处理的敏感程度较耐热耐抽苔生菜强。

2) 氮亏缺的时候, 液泡中的硝酸盐迅速下降, 但下降到一定程度后就不再下降, 并保持基本稳定。在恢复供应硝酸盐离子后, 液泡中的硝酸盐浓度迅速增加。而细胞质中的硝酸盐浓度在整个氮亏缺培养时期均能够维持在一个较低的浓度 ( $4.0 \text{ mmol L}^{-1}$ )。

3) 与耐热耐抽苔相比, 在氮素亏缺时, 申选 1 号液泡中硝酸盐浓度下降较快, 且能维持一个更低的水平; 在恢复氮素供应时, 申选 1 号液泡中硝酸盐浓度上升较耐热耐抽苔更迅速。因此, 从液泡中硝酸盐调动的角度来看, 认为申选 1 号属于耐低氮基因型或氮素利用高效基因型, 而耐热耐抽苔相对而言属于低氮敏感基因型或氮素利用低效型。

## 参 考 文 献

- [1] 沈明珠, 翟宝杰, 东惠茹. 蔬菜硝酸盐积累的研究 I. 不同蔬菜硝酸盐、亚硝酸盐含量评价. 园艺学报, 1982, 9(2): 41~48
- [2] Chen W, Luo J K, Shen Q R. Effect of  $\text{NH}_4^+$ -N/  $\text{NO}_3^-$ -N ratios on growth and some physiological parameters of chinese cabbage cultivars. *Pedosphere*, 2005, 15(3): 310~318
- [3] 罗金葵, 陈巍, 张攀伟, 等. 小白菜适当增铵下硝酸盐累积机理研究. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 800~803
- [4] 孙权, 丁福荣, 李鹏, 等. 氮肥对大白菜硝酸盐累积的影响及合理施用量研究. 土壤, 2003, 35(3): 255~258
- [5] 沈其荣, 汤利, 徐阳春. 植物液泡中硝酸盐行为的研究概况. 土壤学报, 2003, 40(3): 465~470
- [6] Ulrich W R. Transport of nitrate and ammonium through plant membranes. In: Mengel K, Pilbeam D J. eds. *Nitrogen Metabolism of Plants*. Oxford: Clarendon Press, 1976. 121~137
- [7] 张亚丽, 段英华, 沈其荣. 水稻对硝态氮响应的生理指标筛选. 土壤学报, 2004, 41(4): 571~576
- [8] 孙兴祥, 王健, 周毅, 等. 不同氮素水平对菠菜生长和品质的影响. 南京农业大学学报, 2005, 28(3): 126~128
- [9] 王健, 孙兴祥, 沈其荣, 等. 增铵对不同菠菜生长及品质的影响. 土壤通报, 2006, 37(2): 326~329
- [10] 陈巍, 罗金葵, 尹晓明, 等. 硝酸盐在两个小白菜品种体内的分布及调配. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2277~2282
- [11] 董园园, 董彩霞, 卢颖林, 等.  $\text{NH}_4^+$ -N 部分代替  $\text{NO}_3^-$ -N 对番茄生育中后期氮代谢相关酶活性的影响. 土壤学报, 2006, 43(2): 261~266
- [12] 王波, 沈其荣, 赖涛, 等. 不同铵硝比营养液对生菜生长发育影响的研究. 土壤学报, 2007, 44(3): 561~565
- [13] 贾莉君, 范晓荣, 尹晓明, 等. 微电极法测定水稻叶片液泡中硝酸盐离子的再调动. 中国农业科学, 2005, 38(7): 1379~

- 1 385
- [14] Fan X R, Miller A J, Shen Q R. The measurement of membrane potential and NO<sub>3</sub> activity in root cells using ion selective microelectrodes. *Agricultural Sciences in China*, 2003, 2(10): 1 097~1 101
- [15] Miller A J, Zhen R G. Measurement of intracellular nitrate concentrations in *chara* using nitrate selective microelectrodes. *Planta*, 1991, 184: 47~ 52
- [16] Miller A J, Smith S J. Nitrate transport and compartmentation in cereal root cells. *Journal of Experiment Botany*, 1996, 47: 843~854
- [17] Miller A J, Smith S J. The mechanism of nitrate transport across the tonoplast of barley root cells. *Planta*, 1992, 187: 554~ 557
- [18] Zhen R G, Koyro H W, Leigh R A, *et al.* Compartmental nitrate concentrations in barley root cells measured with nitrate selective microelectrodes and by single cell sap sampling. *Planta*, 1991, 185: 356~ 361

## 中国土壤学会第十届全国会员代表大会暨 第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会

2008年9月24~27日在北京召开

土壤资源是人类的生存平台和粮食生产基地,其重要性不言而喻。我国人均耕地、林地、牧草地数量均远远低于世界人均数量,并且整体质量偏低、退化沙化现象较为严重,加之近年来城市化的扩张,非农占用耕地大量增加,土壤资源与社会发展之间的矛盾日益突出。为加强我国土壤资源领域的交流,推动对土壤科学与社会可持续发展的学术研究,由中国土壤学会主办,中国农业大学资源与环境学院等九单位承办,于2008年9月24~27日在北京召开“中国土壤学会第十届全国会员代表大会暨第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会”。

大会主题:土壤科学与社会可持续发展

主要议题:

(一)围绕土壤科学与农业可持续发展、土壤科学与资源可持续利用和土壤科学与生态安全和环境健康等内容,开展分专题的学术研讨和交流。

- 土壤资源现状、问题与展望
- 土壤性质与演变过程
- 生态环境协调与粮食安全保障
- 工业化和城市化及肥料高投入对土壤质量与生态环境的影响
- 土壤在社会、环境和农业可持续发展中的作用
- 土壤资源合理利用和提高土壤质量的政策与建议
- 土地资源利用 生态环境友好 粮食安全保障和谐的政策、措施与建议

(二)总结中国土壤学会第十届理事会工作;修改和制定有关条例;选举第十一届中国土壤学会理事、常务理事、理事长,确定各专业委员会主任;讨论和确定第十一届理事会的主要任务。

(三)颁奖表彰。

组委会联系方式:

通讯地址:北京市海淀区圆明园西路2号中国农业大学资源与环境学院

邮编:100193

联系人:王雪娟 张福锁

联系电话:010-62732232

传真:62731016

手机:13811893123

E-mail: fertdc@cau.edu.cn