

# 不同调节措施对菜豆吸收矿质养分及其在体内分布的影响\*

## I. N, P, K, Ca, Mg

邹春琴 张福锁 毛达如

(中国农业大学植物营养系, 北京 100094)

**摘要:** 用营养液培养方法研究了在缺铁条件下, 两种形态氮素( $\text{NO}_3^-$ -N 和  $\text{NH}_4^+$ -N)及老叶遮光对菜豆植株生长、氮、磷、钾、钙、镁的吸收及其在体内分布的影响。在缺铁条件下,  $\text{NO}_3^-$ -N 营养的菜豆新叶出现明显的黄化, 遮光可减轻黄化症状,  $\text{NO}_3^-$ -N 的供应甚至可基本上使新叶保持绿色, 但对干物质的积累没有明显的影响。 $\text{NO}_3^-$ -N 的供应使钾和钙的吸收明显降低, 新叶中的含量也显著低于  $\text{NO}_3^-$ -N 处理。黄化叶中磷的含量较低。新叶中氮和镁的含量在各个处理间差异不大。

**关键词:** 氮素形态; 缺铁; 养分吸收; 养分分布; 遮光; 菜豆

**中图分类号:** Q945.12

植物对  $\text{NO}_3^-$ -N 和  $\text{NH}_4^+$ -N 在吸收、同化和运输上存在明显的差异<sup>[1]</sup>。这不仅影响植物的氮营养, 也对其它元素的吸收和在体内的分布有明显影响, 并直接影响到植物的生长发育。已有的研究表明: 供应  $\text{NO}_3^-$ -N 时, 铁向地上部分的运输和组织之间的转移受到了抑制, 尽管根中累积了大量的铁, 但植物地上部铁的含量仍然较低, 因此新叶出现明显黄化; 而供应  $\text{NH}_4^+$ -N 时, 虽然在根中累积的铁量较少, 但其有利于铁向地上部运输, 因此菜豆新叶中铁的含量高于  $\text{NO}_3^-$ -N 处理, 新叶不出现黄化现象<sup>[2]</sup>。可见, 氮素形态对铁在植物体内的分布和利用效果有较大的影响。不同的铁营养状况必然影响植物对其它养分的吸收和利用。叶片衰老也会影响植物体内养分的分配。但迄今为止, 有关氮素形态、供铁状况及叶片衰老等因素对矿质养分吸收及其在体内分布的影响尚无系统研究。本试验利用营养液培养方法, 研究在不同铁营养条件下, 两种形态的氮素以及老叶遮光对氮、磷、钾、钙、镁等营养元素的吸收和在体内分布的影响, 旨在为进一步研究植物体内养分的利用效率奠定基础。

### 1 材料与方法

**1.1 植物的培养** 菜豆种子 (*Phaseolus vulgaris* L. 品种为“美国供给者号”)经消毒后在饱和  $\text{CaSO}_4$  溶液中浸泡 15~20 min, 清水冲洗后在石英砂中发芽, 5 d 后挑选生长一致的幼苗, 用蒸馏水冲洗干净, 移栽于 pH 为 6.5 的硝态氮营养液中。硝态氮营养液的组成如下 (mol/L):  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $7.5 \times 10^{-4}$ ;  $\text{MgSO}_4$   $6.5 \times 10^{-4}$ ;  $\text{KCl}$   $2.0 \times 10^{-3}$ ;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$   $2.0 \times 10^{-3}$ ;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $1.0 \times 10^{-4}$ ;  $\text{H}_3\text{BO}_4$   $1.0 \times 10^{-5}$ ;  $\text{MnSO}_4$   $1.0 \times 10^{-6}$ ;  $\text{CuSO}_4$   $1.0 \times 10^{-7}$ ;  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$   $5.0 \times 10^{-9}$ ;  $\text{ZnSO}_4$   $1.0 \times 10^{-6}$ ;  $\text{FeEDTA}$   $1.0 \times 10^{-4}$ 。试验采用容积为 1L 的瓷盆, 每盆营养液

收稿日期: 1995-09-14

\* 国家自然科学基金和攀登计划资助项目

中移入3株幼苗,每两天更换营养液一次,光照时间为14 h/d,光照强度为 $250 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。生长2 d后去掉子叶。生长至第一片真叶完全展开时设置如下处理:

$\text{NO}_3^- - \text{Fe}, -\text{sh}$ (供给硝态氮,不供铁,老叶不遮光)

$\text{NO}_3^- - \text{Fe}, +\text{sh}$ (供给硝态氮,不供铁,老叶遮光)

$\text{NH}_4^+ - \text{Fe}, -\text{sh}$ (供给铵态氮,不供铁,老叶不遮光)

$\text{NH}_4^+ - \text{Fe}, +\text{sh}$ (供给铵态氮,不供铁,老叶遮光)

$\text{NO}_3^- + \text{Fe}, -\text{sh}$ (供给硝态氮,供铁,老叶不遮光)

$\text{NO}_3^- + \text{Fe}, +\text{sh}$ (供给硝态氮,供铁,老叶遮光)

$\text{NH}_4^+ + \text{Fe}, -\text{sh}$ (供给铵态氮,供铁,老叶不遮光)

$\text{NH}_4^+ + \text{Fe}, +\text{sh}$ (供给铵态氮,供铁,老叶遮光)

铵态氮营养液的组成为 $\text{K}_2\text{SO}_4 1.75 \times 10^{-3}$ ;  $\text{CaCl}_2 1.0 \times 10^{-3}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 2.0 \times 10^{-3}$ ,其它组分与硝态氮营养液的组分相同。老叶遮光的做法为,用不透明的反光铝箔将两片真叶包裹,使其遮光。植物生长至第三片真叶完全展开时收获。每个处理4次重复。设置处理后每天换营养液一次。

**1.2 样品制备** 收获时分新叶、老叶、茎、根四部分取样,用蒸馏水冲洗植物组织表面,样品经 $105^\circ\text{C}$ 杀青15 min后,在 $80^\circ\text{C}$ 下烘干,磨粉备用。

**1.3 磷、钾、钙、镁的测定** 分析时称取一定量的样品,经 $550^\circ\text{C}$ 干灰化,用 $6 \text{ mol/L HNO}_3$ 溶解后,过滤,然后用PERKIN-ELMER 2000原子吸收分光光度计测定样品中中量元素钙、镁的含量;钒钼黄比色法测定磷的含量;6400火焰光度计测定钾的含量。

**1.4 氮的测定**  $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ 快速消煮-开氏定氮法测定氮的含量。

## 2 结果与讨论

**2.1 不同调节措施对菜豆生长的影响** 生长17 d的菜豆, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 营养的缺铁菜豆其新叶出现明显的黄化,老叶遮光后新叶的黄化程度有所减轻。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 处理的菜豆,即使在外界缺铁的条件下,新叶也未出现明显的黄化。但这时,菜豆新叶的生物量却没有明显的差异(表1)。

表1 菜豆的生物量

$\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$

Table 1 Effect of Fe, nitrogen forms and shading on biomass of bean plants

| 植株器官<br>Organs          | -Fe                        |              |                            |              | +Fe                        |              |                            |              |
|-------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
|                         | $\text{NO}_3^- - \text{N}$ |              | $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ |              | $\text{NO}_3^- - \text{N}$ |              | $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ |              |
|                         | 不遮光<br>Unshaded            | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded            | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded            | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded            | 遮光<br>Shaded |
| 总重 Total                | 0.55b *                    | 0.65a        | 0.51b                      | 0.55b        | 0.57b                      | 0.56b        | 0.54b                      | 0.65a        |
| 新叶 Young leaves         | 0.19a                      | 0.22a        | 0.21a                      | 0.19a        | 0.18a                      | 0.19a        | 0.18a                      | 0.22a        |
| 老叶 First leaves         | 0.12a                      | 0.10a        | 0.11a                      | 0.11a        | 0.11a                      | 0.12a        | 0.10a                      | 0.13a        |
| 茎 Stem                  | 0.20b                      | 0.25a        | 0.15c                      | 0.18bc       | 0.19bc                     | 0.17bc       | 0.19b                      | 0.20b        |
| 根 Roots                 | 0.06b                      | 0.09ab       | 0.06b                      | 0.07b        | 0.09ab                     | 0.08ab       | 0.07b                      | 0.10a        |
| 根/冠<br>Root/shoot ratio | 0.06                       | 0.06         | 0.07                       | 0.07         | 0.06                       | 0.06         | 0.07                       | 0.05         |

\* : a, b 等表示处理之间差异的显著性,  $P=0.05$ , 邓肯法。以下同。

除老叶遮光后供应 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的缺铁菜豆和供应 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的供铁菜豆地上部干重显著高

于其它处理外,其它处理间差异不显著。老叶遮光使供应  $\text{NO}_3^-$ -N 的缺铁菜豆的总重量以及  $\text{NH}_4^+$ -N 营养的供铁菜豆根干重有所增加,而其它各个处理根的物质累积则无显著的变化。除供应  $\text{NH}_4^+$ -N 的供铁遮光菜豆比相同条件下的不遮光菜豆的根冠比要低外,其它各个处理间没有明显的差异。

2.2 不同调节措施对菜豆吸收氮、磷、钾、钙、镁的影响 虽然不同调节措施对菜豆干物质的累积的影响不大,却显著影响到矿质养分的吸收(表2)。

表2 菜豆对氮、磷、钾、钙、镁的吸收

mg. plant<sup>-1</sup>(DW)

Table 2 Effect of Fe, nitrogen forms and shading on N,P,Ca,Mg uptake by bean plants

| 元素<br>Elements | -Fe                |              |                    |              | +Fe                |              |                    |              |
|----------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
|                | $\text{NO}_3^-$ -N |              | $\text{NH}_4^+$ -N |              | $\text{NO}_3^-$ -N |              | $\text{NH}_4^+$ -N |              |
|                | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded |
| 氮(N)           | 1.63cd             | 1.79b        | 1.57d              | 1.56d        | 1.68c              | 1.63cd       | 1.62cd             | 2.11a        |
| 磷(P)           | 0.176d             | 0.269b       | 0.241b             | 0.245c       | 0.202cd            | 0.187cd      | 0.205c             | 0.301a       |
| 钾(K)           | 1.99b              | 2.44a        | 1.46c              | 1.59c        | 1.95b              | 2.01b        | 1.47c              | 2.01b        |
| 钙(Ca)          | 1.46b              | 1.60a        | 0.95f              | 1.00f        | 1.18d              | 1.31c        | 0.87f              | 1.20d        |
| 镁(Mg)          | 0.139a             | 0.139a       | 0.087b             | 0.145a       | 0.137a             | 0.136a       | 0.093b             | 0.137a       |

如表2所示,遮光促进了  $\text{NH}_4^+$ -N 营养的供铁菜豆对氮的吸收,其它处理间没有显著的差异。与  $\text{NO}_3^-$ -N 相比,  $\text{NH}_4^+$ -N 的供应促进了不遮光的缺铁菜豆和遮光的供铁菜豆对磷的吸收,而铁的供应对其影响不大。与  $\text{NH}_4^+$ -N 相比,  $\text{NO}_3^-$ -N 的供应促进了菜豆对钾和钙的吸收,而铁以及遮光对钾的吸收都没有明显的作用。除供应  $\text{NH}_4^+$ -N 的不遮光菜豆对镁的吸收相对较低外,其它各处理间没有显著差异。

2.3 不同调节措施对氮、磷、钾、钙、镁在菜豆体内分布的影响 铁的供应状况、两种氮源以及老叶遮光不但对5种营养元素的吸收有明显的影,而且对它们在体内的分布也有明显的影响(表3)。

表3 菜豆植物体中氮的含量

%

Table 3 Effect of Fe, nitrogen forms and shading on N content in bean plants

| 植株器官<br>Organs  | -Fe                |              |                    |              | +Fe                |              |                    |              |
|-----------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
|                 | $\text{NO}_3^-$ -N |              | $\text{NH}_4^+$ -N |              | $\text{NO}_3^-$ -N |              | $\text{NH}_4^+$ -N |              |
|                 | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded |
| 新叶 Young leaves | 4.18cd             | 4.17cd       | 4.15cd             | 4.07d        | 4.80a              | 4.58b        | 4.31c              | 4.79a        |
| 老叶 First leaves | 3.52b              | 2.74e        | 3.30c              | 3.15b        | 3.61b              | 3.04d        | 3.57b              | 3.83a        |
| 茎 Stem          | 2.10d              | 2.41c        | 2.28c              | 2.24dc       | 2.21d              | 2.39c        | 2.60b              | 2.83a        |
| 根 Roots         | 2.89bc             | 2.67c        | 2.84bc             | 2.55c        | 2.95bc             | 3.12ab       | 3.04bc             | 3.28ab       |

就氮在菜豆体内的分布而言,新叶中含量最高,老叶次之,根中茎中含量较低(表3)。缺铁时,菜豆新叶中氮的含量明显下降,氮素形态和老叶遮光对新叶中氮的含量没有明显的影响。但老叶遮光降低了  $\text{NO}_3^-$ -N 营养菜豆老叶中氮的含量;铁的供应使  $\text{NH}_4^+$ -N 营养的老叶、茎、根中氮的含量明显提高。

表4 菜豆植物体中磷的含量

%

Table 4 Effect of Fe, nitrogen forms and shading on P content in bean plants

| 植株器官<br>Organs  | -Fe                             |              |                                 |              | +Fe                             |              |                                 |              |
|-----------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
|                 | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N |              | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N |              | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N |              | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N |              |
|                 | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded |
| 新叶 Young leaves | 0.317d                          | 0.534b       | 0.557b                          | 0.566b       | 0.465c                          | 0.490c       | 0.560b                          | 0.652a       |
| 老叶 First leaves | 0.564bc                         | 0.613a       | 0.575b                          | 0.638a       | 0.558b                          | 0.527c       | 0.544c                          | 0.549bc      |
| 茎 Stem          | 0.238d                          | 0.366b       | 0.408a                          | 0.377b       | 0.298c                          | 0.185e       | 0.266d                          | 0.433a       |
| 根 Roots         | 0.236d                          | 0.237d       | 0.374ab                         | 0.281cd      | 0.326b                          | 0.361ab      | 0.387a                          | 0.291bc      |

表4结果表明,菜豆叶片中磷的含量较高。缺铁时,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N营养的不遮光新叶中磷含量显著低于其它处理;供铁时,NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N处理新叶中磷的含量显著高于NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N处理。除缺铁时,遮光老叶中磷的含量较高外,其它处理间差异不显著。

缺铁时,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N处理菜豆新叶中钾含量明显下降,而老叶、根中钾的含量都明显增加,茎中钾的含量基本上没有变化。无论缺铁还是供铁,NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N处理新叶、茎、根中钾的含量都显著低于NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N处理,尤其是根中的差异最大,可达2~3倍,只有老叶中的钾含量变化不大。遮光只使NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N处理新叶、茎中钾的含量升高,而对其它处理没有明显的影响。(表5)。

表5 菜豆植物体中钾的含量

%

Table 5 Effect of Fe, nitrogen forms and shading on K content in bean plants

| 植株器官<br>Organs  | -Fe                             |              |                                 |              | +Fe                             |              |                                 |              |
|-----------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
|                 | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N |              | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N |              | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N |              | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N |              |
|                 | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded |
| 新叶 Young leaves | 3.26c                           | 3.52b        | 3.00d                           | 2.98d        | 3.60b                           | 3.90a        | 2.78e                           | 3.15cd       |
| 老叶 First leaves | 3.43b                           | 3.49b        | 3.16c                           | 3.57b        | 3.47b                           | 3.00cd       | 2.84d                           | 4.39a        |
| 茎 Stem          | 4.79b                           | 5.27a        | 3.22d                           | 3.58c        | 4.89b                           | 5.34a        | 3.65c                           | 3.77c        |
| 根 Roots         | 4.26a                           | 4.31a        | 1.78cd                          | 1.83c        | 2.90b                           | 3.16b        | 1.38d                           | 1.65cd       |

表6 菜豆植物体中钙的含量

%

Table 6 Effect of Fe, nitrogen forms and shading on Ca content in bean plants

| 植株器官<br>Organs  | -Fe                             |              |                                 |              | +Fe                             |              |                                 |              |
|-----------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
|                 | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N |              | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N |              | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N |              | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N |              |
|                 | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded                 | 遮光<br>Shaded |
| 新叶 Young leaves | 2.79b                           | 3.05a        | 1.61cd                          | 1.58cd       | 2.76b                           | 2.81b        | 1.46d                           | 1.64c        |
| 老叶 First leaves | 4.07b                           | 3.49c        | 3.42c                           | 3.96b        | 3.94b                           | 4.64a        | 3.51c                           | 4.19b        |
| 茎 Stem          | 2.20a                           | 2.31a        | 1.41b                           | 1.53b        | 1.36b                           | 1.33b        | 1.37b                           | 1.47b        |
| 根 Roots         | 1.79a                           | 1.94a        | 1.37c                           | 1.16d        | 1.38c                           | 1.60b        | 1.05b                           | 1.18d        |

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N处理菜豆新叶中钙含量在缺铁时比NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N处理高45%左右,供铁时高50%左右(表6)。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N处理的缺铁菜豆,当老叶遮光后,新叶中钙含量明显高于不遮光处理,其它处理均无差异。铁的供应对新叶中钙的含量无显著影响。各个处理之间老叶中钙含量

没有明显的差异,只是遮光老叶中钙的含量有所增加。供应  $\text{NO}_3^-$ -N 的缺铁菜豆茎中钙含量显著高于其它处理,而其它处理间无显著差异。 $\text{NO}_3^-$ -N 处理菜豆根中钙的含量显著高于  $\text{NH}_4^+$ -N 处理,遮光明显提高了根中钙的含量。供应  $\text{NO}_3^-$ -N 时,铁的供应降低了根中钙含量;而供应  $\text{NH}_4^+$ -N 时,铁的供应对其没有明显的影响。

表7 菜豆植物体中镁的含量

%

Table 7 Effect of Fe, nitrogen forms and shading on Mg content in bean plants

| 植株器官<br>Organs  | -Fe                |              |                    |              | +Fe                |              |                    |              |
|-----------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
|                 | $\text{NO}_3^-$ -N |              | $\text{NH}_4^+$ -N |              | $\text{NO}_3^-$ -N |              | $\text{NH}_4^+$ -N |              |
|                 | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded | 不遮光<br>Unshaded    | 遮光<br>Shaded |
| 新叶 Young leaves | 0.28a              | 0.25b        | 0.20c              | 0.22c        | 0.29a              | 0.25b        | 0.22c              | 0.22c        |
| 老叶 First leaves | 0.44c              | 0.47b        | 0.25d              | 0.44c        | 0.48b              | 0.50a        | 0.29d              | 0.46bc       |
| 茎 Stem          | 0.19ab             | 0.15c        | 0.12d              | 0.22a        | 0.17bc             | 0.17bc       | 0.13cd             | 0.15c        |
| 根 Roots         | 0.48a              | 0.50a        | 0.17e              | 0.20d        | 0.37c              | 0.42b        | 0.19de             | 0.17e        |

植物体内镁的含量较低(表7)。 $\text{NO}_3^-$ -N 处理菜豆新叶、老叶、根中镁的含量显著高于  $\text{NH}_4^+$ -N 处理。茎中镁的含量在两种氮素形态间没有明显的差异。供铁使  $\text{NO}_3^-$ -N 处理根中镁的含量降低。对其它各器官中的镁的含量没有明显的影响。 $\text{NH}_4^+$ -N 营养的遮光老叶中镁含量明显增加。遮光对其它各个处理及器官中镁的含量没有明显的的影响。

### 3 讨论

**3.1 不同调节措施对菜豆生长的影响** 铁是植物生长发育所必需的营养元素,它的缺乏必然会影响到植物的正常生长。本试验结果表明,在缺铁条件下,供应  $\text{NO}_3^-$ -N 的菜豆其新叶出现明显的黄化。而供应  $\text{NH}_4^+$ -N 的菜豆其新叶却不出现黄化。这是因为两种氮素形态会通过不同的机制来影响植物的铁营养状况(两种形态的氮素对 pH 变化的影响、对体内有机酸代谢等的影响不同),但由于在处理前植物体内已经累积了一定量的铁,因此还未对干物质的积累造成明显的差异。

**3.2 铁的供应状况对氮、磷、钾、钙、镁的吸收及其分布的影响** 铁的供应状况对这5种营养元素的吸收的影响不大,却不同程度地影响它们在体内的分布。铁的供应使菜豆新叶中氮、磷、钾的含量有所增加,钙的含量有所降低,而镁的含量基本上没有变化。可能是因为铁的供应改善了植物的营养状况,使容易移动的养分向新生组织移动。

**3.3 两种形态氮素对氮、磷、钾、钙、镁的吸收及其分布的影响** 有关  $\text{NO}_3^-$ -N 与  $\text{NH}_4^+$ -N 对植物利用养分的影响的研究在国外已有不少报导<sup>[3,4]</sup>。它们主要是通过影响阴阳离子吸收的平衡状况<sup>[5,6]</sup>、根际 pH 值的变化、能量代谢<sup>[7]</sup>等过程而起作用。 $\text{NO}_3^-$ -N 的供应使根际 pH 值升高, $\text{NH}_4^+$ -N 的供应使根 pH 降低。这就造成了植物对无机阴阳离子吸收上的差异。因为 pH 的变化会直接影响到植物对无机离子的吸收。在酸性条件下,一方面植物对  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  吸收的数量减少,另一方面其它阳离子如  $\text{Al}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{2+}$  的浓度和吸收量都增加,因而降低了磷酸盐的有效性和吸收量。有资料表明在铵态氮营养中  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  的吸收量降低是  $\text{H}^+$  的抑制作用所致,例如生长在  $\text{NH}_4^+$ -N 条件下的甜菜,介质 pH 降低,地上部分  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  的浓度和总量都降低;在相同 pH 条件下,供应  $\text{NO}_3^-$ -N 时,植物体内  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  的含量高于  $\text{NH}_4^+$ -N 供应时<sup>[8]</sup>。Alloush 等也有同样的报道,在缺铁条件下,供应  $\text{NH}_4^+$ -N 时,

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 的吸收量降低,而供应  $\text{NO}_3^-$ -N 时,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 的吸收量则升高<sup>[9]</sup>。本试验结果与该结果基本一致。缺铁时,与  $\text{NH}_4^+$ -N 相比,  $\text{NO}_3^-$ -N 的供应促进了钙、钾的吸收,提高了新生组织中的含量但对镁的影响不大。由于  $\text{NH}_4^+$ -N 与  $\text{K}^+$  在吸收上有很强的竞争作用,因此  $\text{NH}_4^+$ -N 对  $\text{K}^+$  的抑制作用明显大于其它两种离子。

**3.4 老叶遮光对氮、磷、钾、钙、镁的吸收及其分布的影响** 老叶遮光一方面减少了对能量和物质的竞争,另一方面遮光后叶绿体以及其它一些细胞结构解体,物质分解<sup>[11]</sup>,部分营养物质又可转移到新生组织中被利用<sup>[12]</sup>。遮光处理新叶中磷和钾的含量都有所增加。尽管新叶中氮的含量没有增加。但  $\text{NO}_3^-$ -N 营养的老叶中氮的含量却明显降低,可以预见,如果植株继续生长,必然会产生更大的差异。在本试验的预培养中,已经供给植物一定量的铁,因此铁的供应状况,氮素形态以及老叶遮光对植物生长、养分吸收及其分布的影响是综合作用的结果,其有关的详细机理还有待进一步研究。

### 参 考 文 献

- 1 陆景陵主编. 植物营养学. 北京农业大学出版社, 1994, 17~25
- 2 邹春琴, 张福锁, 毛达如. 铁在菜豆体内再转移效果的研究. 北京农业大学学报, 1993, (增刊): 27~31
- 3 Haynes R J S, Goh K M. Ammonium and nitrate nutrition of plants. Biol Rev Cambriw Philos Soc. 1978, 53: 4655~510
- 4 Van Beusichem M L, Kirkby E A, Baas R. Influence of nitrate and ammonium nutrition on the uptake, assimilation, and distribution of nutrients in *Ricinus communis*. Plant Physiol, 1988, 86: 914~921
- 5 Kirkby E A, Mengel K. Ionic balance in different tissue of the tomato plant in relation to Nitrate. Urea, or Ammonium nutrition. Plant Physiol, 1967, 42: 6~14
- 6 Kirkby E A. Influence of ammonium and nitrate nutrition on the cation-anion balance and nitrogen and carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solution. Soil Sci, 1968, 105: 133~141
- 7 Middleton K P, Smigh G S. A comparison of ammonical and nitrate nutrition of perennial ryegrass through a thermodynamic model. Plant Soil, 1979, 53: 487~504
- 8 Reusenauer H M, Clement C R, Jones L H P. Comparative efficiency of ammonium and nitrate for grasses. Proc Int Plant Nutr Colloq, 1982, 2(9): 539~544
- 9 Alloush G A, Le J Bot, Sanders F E, Kirkby E A. Mineral nutrition of chickpea plants supplied with  $\text{NO}_3^-$ -N or  $\text{NH}_4^+$ -N. I Ionic balance in relation to iron stress. J Plant Nutr, 1990, 13(12): 1575~1590
- 10 Thimann K V. The senescence of leaves. In: Senescence in Plants. ed K V Thimann CRC press, Boca Raton, FL, 1980. 85
- 11 Chapin F S, Kedrowski R A. Seasonal changes in nitrogen and phosphorus fractions and autumn retranslocation in evergreen and deciduous taiga trees. Ecology, 1983, 64: 376~391

## Effects of Fe, Nitrogen Forms and Shading on Uptake and Distribution of Other Nutrient Element in Bean Plants

### I. N, P, K, Ca, Mg

Zou Chunqin Zhang Fusuo Mao Daru

(Dept. of Plant Nutrition, CAU, Beijing 100094)

**Abstract:** The effects of Fe, N forms and shading on growth of bean plants and uptake, distribution of N, P, K, Ca, Mg in bean plants were studied in a solution culture under the controlled conditions. The results showed that the different N forms could influence the contents of N, P, K, Ca, Mg and had no effect on the plant uptake of these elements. In comparison to supply with  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N application caused a significant decline of the Ca, K contents in young leaves, but there were no difference for N and Mg contents between  $\text{NO}_3^-$ -N and  $\text{NH}_4^+$ -N treatments. Under the Fe-deficient condition,  $\text{NO}_3^-$ -N form of nitrogen induced the young leaves to become chlorosis, and the P content in these young leaves was also lower than the young leaves in the treatments shading of first leaves and the supply with  $\text{NH}_4^+$ -N. The contents of N, P, K, Ca and Mg in first leaves stem and root were also measured.

**Key words:** nitrogen forms; Fe deficiency; shading; bean plants; uptake and distribution of nutrient