

铁营养状况及不同形态氮素对玉米体内不同铁库铁再利用的影响*

郭世伟 邹春琴 张福锁 江荣凤

(中国农业大学农业部植物营养系, 北京 100094)

摘 要 采用分根技术、营养液培养方法, 研究缺铁条件下供应不同形态氮素对玉米苗期体内不同铁库中铁再利用的影响。结果表明, 缺铁条件下, 玉米新生叶片铁营养状况不仅受体内铁库强度大小的影响, 而且也受外界调节措施—氮素形态的调节。研究发现, 与 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 相比, 不考虑根细胞质外体铁库时, 供应 $\text{NH}_4^+ \text{N}$ 可使初生叶中 32% 的铁再利用, 考虑根系铁库时, 初生叶铁变化不明显, 而可使根系 40% 的铁转移至地上部。无论根系是否有铁库, 缺铁条件下, $\text{NH}_4^+ \text{N}$ 能提高新叶活性铁含量和伤流液中铁浓度。

关键词 铁再利用效率, 铁库, 铁供应状况, 氮素形态, 玉米

中图分类号 Q945.12

矿质养分的再利用是指源器官中某种矿质养分含量的净减少和库器官中这种养分含量增加的过程, 这对新生器官的生长发育有重要的意义^[1~3]。尤其当介质中养分缺乏时, 从某种意义上说, 成熟器官中积累的矿质养分再利用程度决定了新生器官中该种养分的营养状况。

植物在生长过程中, 将从介质中吸收的铁一部分运至地上部, 一部分则在根系质外体空间淀积^[4]。绿色叶片中铁的分配有以下三个去向: 叶绿体类囊体膜上的铁, 叶绿体基质中的铁, 叶绿体以外的铁^[5]。缺铁条件下, 根系质外体淀积的铁及叶绿体基质中以铁蛋白形式贮存的铁便成了植物体内的主要铁库, 随着新生组织的旺盛生长, 对铁的迫切需求, 使植物体内各部位铁的流动性增强, 铁的再利用效率提高^(1,2)。近年来有研究报道植物在缺铁条件下, 外界供应不同形态氮素($\text{NH}_4^+ \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- \text{N}$) 对新叶铁营养状况的影响有显著的差异^[6,7], 然而两种不同形态氮素对体内不同铁库中铁再利用的影响机理尚不清楚, 不同铁库对新叶铁营养状况的贡献大小也不得而知。我们采用分根培养的方法, 将根系铁库与初生叶铁库分开, 研究缺铁条件下, 不同形态氮素对玉米体内不同铁库中铁再利用的影响, 并对其利用的机制进行了初步说明。

* 国家自然科学基金(编号 39970433, 39770424) 和国家基础研究专项经费(编号 G199011707) 共同资助

(1) 邹春琴. 提高玉米和菜豆铁营养效率的途径及其机理. 博士学位论文. 北京农业大学, 1995

(2) Zhang, Ch D. Uptake, Transport and remobilization of Iron in Bean Plants. Doctor-Thesis, Hohenheim University, Stuttgart, 1995.

收稿日期: 2000-06-20; 收到修改稿日期: 2000-09-25

1 材料与方法

1.1 植物的预培养

供试植物为玉米(*Zea mays.*), 品种为“农大 60”。种子经消毒后在饱和 CaSO_4 溶液中浸泡半小时, 清水冲洗干净后在石英砂中催芽, 4 天后挑选生长一致的幼苗, 去除胚乳, 用蒸馏水冲洗干净, 将玉米根系平分, 移栽于分根盒中, 进行预培养。根盒分左右两室, 左室供铁, 右室不供铁, 左右两室的营养液均为 pH 值 6.3 的硝态氮营养液, 每两天换一次营养液。光照时间为 12h d^{-1} , 光照强度为 $220\sim 250\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ 。培养一周后, 设置以下 8 个剪根处理, 剪根处理 10 天后收获。各处理代号见表 1。

表 1 试验处理及代码

Table 1 Experimental treatment and its code

剪根处理 ¹⁾ Cutting of roots	代码 Code				剪根处理 Cutting of roots	代码 Code			
	不供铁(- Fe)		供铁(+ Fe)			不供铁(- Fe)		供铁(+ Fe)	
	$\text{NO}_3^- \text{ N}$	$\text{NH}_4^- \text{ N}$	$\text{NO}_3^- \text{ N}$	$\text{NH}_4^- \text{ N}$		$\text{NO}_3^- \text{ N}$	$\text{NH}_4^- \text{ N}$	$\text{NO}_3^- \text{ N}$	$\text{NH}_4^- \text{ N}$
剪供铁根	1	2	3	4	剪不供铁根	5	6	7	8

1) 在设置处理时剪去预培养时供铁或不供铁的根系

供铁处理培养液铁的浓度为 $1.0 \times 10^{-4} \text{mol L}^{-1}$ FeEDTA, 缺铁处理不加 FeEDTA。硝态氮营养液的组成为(mol L^{-1}): K_2SO_4 7.5×10^{-4} ; MgSO_4 6.5×10^{-4} ; KCl 2.0×10^{-3} ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 2.0×10^{-3} ; KH_2PO_4 1.0×10^{-3} ; H_3BO_4 1.0×10^{-6} ; MnSO_4 1.0×10^{-6} ; CuSO_4 1.0×10^{-7} ; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ 5.0×10^{-9} ; ZnSO_4 1.0×10^{-6} 。铵态氮营养液的组成为(mol L^{-1}): K_2SO_4 1.75×10^{-3} ; CaCl_2 1.0×10^{-3} ; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2.0×10^{-3} , 其他组分与硝态氮营养液的组分相同。

1.2 样品制备与测试

1.2.1 样品制备 (1) 植物样品, 收获时分根、茎、初生叶、新叶 4 个部位取植物样, 烘干、称重、粉碎备用。其中初生叶指第一、二叶片, 新叶为新生叶片(下同)。同时测定新鲜样品中活性铁含量。(2) 玉米伤流液的收集, 收获时距根茎转变区 1cm 处剪下, 上套一乳胶管, 连续收集 4h, 将收集液转移至样品瓶中备用。

1.2.2 分析方法 (1) 叶片中活性铁含量的测定, 参考文献[8, 9], 将叶片鲜样切成 0.5cm 见方大小后, 用 1.0mol L^{-1} HCl 按 1g 鲜样加 10mHCl 的比例浸提(连续振荡 5h), 过滤后, 用原子吸收分光光度计测定浸提液中铁的含量。(2) 样品全铁含量的测定, 样品在 550°C 干灰化后, 用 6mol L^{-1} HCl 溶解后, 用原子吸收分光光度计测定全铁含量。(3) 伤流液 pH 值的测定, 数显 pH 计直接测定。

2 试验结果与分析

2.1 铁和不同形态氮素对玉米吸铁量的影响

表 2 结果表明, 当剪去供铁根后, 不同形态氮素对玉米新叶全铁量的影响有显著差异。玉米新叶中全铁量为 $\text{NH}_4^- \text{ N}$ 处理比 $\text{NO}_3^- \text{ N}$ 处理高, 在缺铁条件下高 36%, 这部分铁主要来自初生叶和茎中累积的铁; 在供铁时高 22%。介质不供铁时, 不同形态氮素对根系全铁量没有明显影响。供铁时, $\text{NO}_3^- \text{ N}$ 供应使植物吸收的铁有一半左右在根系积累, $\text{NH}_4^- \text{ N}$ 处理的根系全铁量只占全株全铁量的三分之一多。上述结果说明, 与 $\text{NO}_3^- \text{ N}$

相比, $\text{NH}_4\text{-N}$ 可促进玉米吸收的铁更多地向上部运输。全铁量变化较为明显的是初生叶。不供铁时, $\text{NH}_4\text{-N}$ 可使初生叶中 32% 的铁转移出来再利用, 而 $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理的这种作用并不明显。由此可以看出, 缺铁条件下, 两种不同形态氮素对初生叶全铁量影响的差异是导致新叶铁营养状况不同的主要原因。供铁时, $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理的玉米植株初生叶中全铁量没有差异, 说明初生叶中铁已达到一个动态平衡, 而 $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理初生叶全铁量增加了 31.8%, 说明供应 $\text{NH}_4\text{-N}$ 有使初生叶继续积累铁的能力。

表 2 铁和不同形态氮素对玉米吸铁量的影响(剪供铁根)

Table 2 Effects of iron supply and nitrogen form on iron uptake by maize plant (cut roots with iron)

植株部位 Parts of plants	预处理时铁吸收量 Fe uptake at beginning of treatment($\mu\text{g}\cdot\text{plant}^{-1}$)	不同处理吸铁量 Fe uptake ($\mu\text{g}\cdot\text{plant}^{-1}$)			
		不供铁(- Fe)		供铁(+ Fe)	
		$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
		1	2	3	4
根	4.1 \pm 0.1	3.93 \pm 0.06c	3.78 \pm 0.12c	10.07 \pm 0.24a	6.87 \pm 0.19b
茎	2.1 \pm 0.1	1.40 \pm 0.03a	1.70 \pm 0.01a	1.67 \pm 0.015a	1.60 \pm 0.04a
初生叶	4.4 \pm 0.2	4.28 \pm 0.17b	3.00 \pm 0.26c	4.37 \pm 0.14b	5.80 \pm 0.16a
新叶	2.0 \pm 0.2	2.07 \pm 0.10b	2.82 \pm 0.07b	4.80 \pm 0.15a	5.87 \pm 0.13a

注: 处理间差异的显著性检验用多重比较法, 不同小写英文字母表示处理间差异达 5% 显著水平

Different small letters show that the difference arrives at 5% level with Duncan's method

表 3 铁和不同形态氮素对玉米吸铁量的影响(剪不供铁根)

Table 3 Effects of iron supply and nitrogen form on iron uptake by maize plant (cut roots without Fe)

植株部位 Parts of plants	预处理时铁吸收量 Fe uptake at beginning of treatment($\mu\text{g}\cdot\text{plant}^{-1}$)	不同处理吸铁量 Fe uptake ($\mu\text{g}\cdot\text{plant}^{-1}$)			
		不供铁(- Fe)		供铁(+ Fe)	
		$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
		5	6	7	8
根	26.8 \pm 0.14	21.6 \pm 1.24b	16.20 \pm 0.75c	35.87 \pm 2.22a	17.13 \pm 0.30c
茎	2.1 \pm 0.22	1.90 \pm 0.15a	1.87 \pm 0.16a	1.95 \pm 0.17a	1.33 \pm 0.12b
初生叶	4.4 \pm 0.15	4.35 \pm 0.17b	4.20 \pm 0.14b	4.53 \pm 0.17b	6.47 \pm 0.21a
新叶	2.0 \pm 0.18	2.50 \pm 0.26b	3.40 \pm 0.14ab	3.93 \pm 0.19a	4.20 \pm 0.14a

注: 处理间差异的显著性检验用多重比较法, 不同小写英文字母表示处理间差异达 5% 显著水平

Different small letters show that the difference arrives at 5% level with Duncan's method

当根系质外体中有大量铁时, 缺铁条件下根系便成了植物体内的主要铁库。从表 3 可以看出, 在设置不同氮形态和铁供应处理时, 剪去不加铁的根系, 植物体内铁的分配状况与表 2 结果有所不同。不供铁条件下, 两种形态氮素对根系总铁量的影响有着显著的差异, $\text{NH}_4\text{-N}$ 可使根系总铁量降低 39.5%, $\text{NO}_3\text{-N}$ 只降低了 19.4%, 植物主要利用根系累积的铁(这时根是最强的铁库), 而剪供铁根的植物主要利用的是初生叶中累积的铁(这时初生叶是强的铁库, 而根系铁库却相对较弱), 即在不同铁库存在条件下, 植物总是首先利用相对较强库中的铁。根系铁库铁再利用程度的不同导致了新叶铁营养状况的差异, $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理的新叶总铁量比 $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理的高 36%。以上结果表明, $\text{NH}_4\text{-N}$ 有利于根系铁库中的铁向地上部转移。供铁时, $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理的根系铁明显累积, 占吸收总量的

77%, 供应 $\text{NH}_4\text{-N}$ 时只有 58% 的铁存在于根系中。缺铁条件下初生叶总铁量的变化在两种氮素形态间没有明显的差异, 可能是在缺铁条件下, 植物大量利用根系铁库中的铁, 初生叶中铁的动态变化趋于平衡。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理的供铁玉米初生叶累积的铁增加了 47%, 再次证明介质供应 $\text{NH}_4\text{-N}$ 能使初生叶继续积累铁。比较缺铁条件下根系与初生叶中全铁量的变化, 可以得到这样的启示: 缺铁时, 若根系和初生叶两个铁库同时存在, 植物则优先利用根系铁库中的铁。所以缺铁条件下新叶的铁营养状况既取决于体内铁库的强度大小, 又取决于外界调节措施, 如本试验条件下的不同形态氮素。

2.2 铁和不同形态氮素对玉米叶片活性铁含量的影响

分析新叶中活性铁含量的变化可知, 新叶活性铁含量主要受铁供应状况的影响。供铁时, $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理可使新叶活性铁含量提高 49% ~ 85%, $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理可使新叶活性铁含量增加 38% ~ 93%, 这种变化幅度主要受体内铁库强度大小所调控(如本试验中的剪供铁根或不供铁根), 铁库强度小时, 供铁后新叶活性铁含量增加幅度较大; 铁库强度大时, 供铁后新叶活性铁含量增加幅度较小。不同形态氮素供应对新叶活性铁含量的影响也有一定的差异(图 1)。

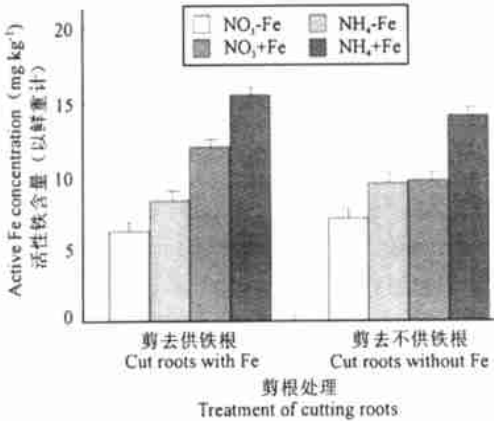


图 1 不同处理对玉米新叶活性铁含量的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on active Fe concentration in young leaves of maize plants

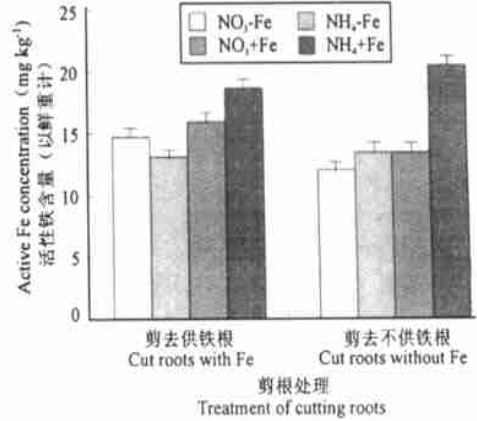


图 2 不同处理对玉米初生活性铁含量的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on active Fe concentration in primary leaves of maize plants

图 1 结果表明, 根系无铁库时(剪供铁根), 玉米新叶活性铁含量状况, 在缺铁条件下, $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理比 $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理高 33.6%, 供铁时高 28.4%。根系有铁库时(剪不供铁根), 玉米新叶活性铁含量状况, 缺铁条件下 $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理比 $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理的高 35.3%, 供铁时高 45.6%。初生叶中活性铁含量的变化与新叶不同, $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理时, 无论介质中供铁与否, 初生叶中活性铁含量变化都不明显(图 2)。体内铁库强度大小对初生叶活性铁含量有一定影响, 缺铁时, $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理的玉米根系无铁库存在的玉米植株初生叶活性铁含量比根系有铁库的高 22%, 供铁时这种差异为 13.2%。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理的玉米在供铁时能明显提高初生叶活性铁含量, 根系无铁库时, 供铁处理可使初生叶活性铁含量提高 35.3%, 根系有铁库时可提高 52.5%。上述结果说明, 供应 $\text{NH}_4\text{-N}$ 有利于提高玉米新叶活性铁的含量, 当介质供铁时, $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理有利于初生叶中活性铁的继续积累。由此可见, 体内

铁库强度大小不仅影响了新叶活性铁含量,同时也影响了初生叶活性铁的含量。

2.3 铁和不同形态氮素对玉米伤流液 pH 和铁浓度的影响

由于供应的氮素形态不同,植物体内同化的方式也有很大的差异,这影响了伤流液的组分。图 3 结果表明,缺铁降低了伤流液的 pH 值,氮素形态对 pH 值也有影响,无论供铁与否, $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理比 $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理的低约 0.1 个单位。

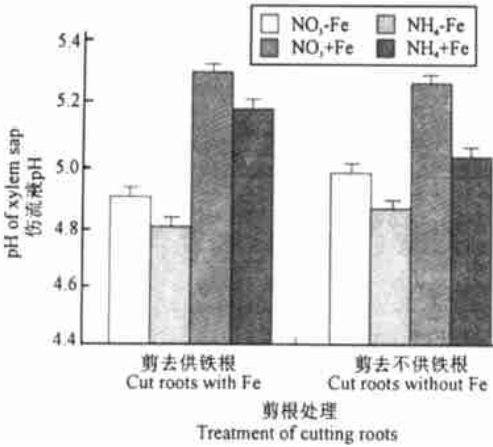


图 3 不同处理对玉米伤流液 pH 的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on pH of xylem sap of maize plants

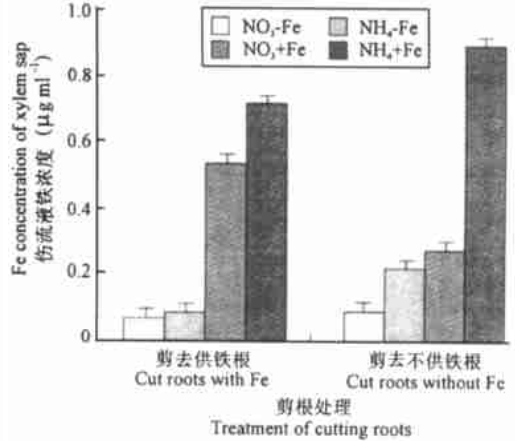


图 4 不同处理对玉米伤流液铁浓度的影响

Fig. 4 Effects of different treatments on iron concentration of xylem sap of maize plants

伤流液中铁浓度可以反映根系铁向地上部运输的情况。图 4 结果表明,供铁状况对伤流液中铁浓度有很大影响,供铁时伤流液铁浓度明显高于不供铁处理。氮素形态对伤流液铁浓度也有一定的影响,供铁时,无论根系铁库是否存在(即剪供铁根或不供铁根处理),与 $\text{NO}_3\text{-N}$ 相比, $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理均能明显提高伤流液铁浓度。不供铁时,伤流液中铁浓度受根系铁库影响较大,当根系铁库较弱时(剪供铁根处理),两种氮素形态处理间差异不大, $\text{NH}_4\text{-N}$ 处理略高于 $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理;当根系铁库相对较强(剪不供铁根处理)时, $\text{NH}_4\text{-N}$ 可大大提高伤流液中铁的浓度,几乎是 $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理的 2.5 倍。

3 讨论

3.1 不同调节措施对玉米体内不同铁库中铁再利用的影响

植物在生长发育过程中,将吸收的铁一部分用于构建细胞结构,并执行其生理功能,一部分以植物铁蛋白的形式贮存在成熟器官中,另一部分则在根系质外体空间淀积^[5,10]。当外界缺铁时,后两部分铁则成了植物体内主要铁库。随着新生组织对铁需求量的增加,铁库中累积的铁移动性大大增强,被调运至新器官中。本实验通过分根培养的方法,将玉米体内两个主要铁库(根系和初生叶)分开,论证了缺铁条件下玉米体内铁库强度的大小与新生叶片铁营养状况的关系,并阐述了不同形态氮素对不同铁库中铁再利用的影响。

当根系没有铁库时(剪去供铁根),初生叶是玉米体内的主要铁库。初生叶中铁大部分

以植物铁蛋白的形式贮存于叶绿体的基质片层中^[11], 外界缺铁时主要是这部分铁被再利用。初生叶中铁的再利用程度的大小受铁蛋白的降解和铁跨膜运输两个过程的限制。目前关于铁蛋白的降解机制还不清楚, 而铁的跨膜运输则受原生质膜上铁还原酶的控制^[12]。实验结果表明, 缺铁条件下, 供应 $\text{NH}_4\text{-N}$ 可使初生叶中 32% 的铁再利用, 供铁时, 又可使初生叶继续积累铁。这与供应 $\text{NH}_4\text{-N}$ 有利于铁的跨膜运输有关, 即供应 $\text{NH}_4\text{-N}$ 时, 降低了质外体 pH 值, 铁还原酶活性升高, 从而有利于铁的跨膜运输。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 则提高了质外体 pH 值^[13], 不利于铁的跨膜运输, 因而对初生叶铁库中铁的再利用程度降低(表 2)。

比较表 2 与表 3 中新叶总铁量可知, 根系没有铁库时(表 2), 介质供铁可促进铁向地上部运输, 新叶铁含量比根系有铁库时的高 22%~40%(表 3), 这种差异可能是由于玉米处于铁极端饥饿条件下, 介质恢复供铁使其大量吸收并向地上部运输的缘故, 同时根系铁库中铁可能对吸收介质中铁有阻碍作用。这与 Zhang 等所报道的结论相一致⁽¹⁾。无论根系铁库是否存在, 供应 $\text{NH}_4\text{-N}$ 时, 根系铁库中铁再利用程度明显高于 $\text{NO}_3\text{-N}$ 处理, 这可能是 $\text{NH}_4\text{-N}$ 使质外体 pH 降低, 根铁库中铁的活性增加, 而供应 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的效果则相反。由此可看出, 初生叶在玉米体内铁再利用的过程中起着重要的调节作用, 即将根系由木质部输入的铁在初生叶中转换为韧皮部输出, 以供新生组织生长发育之需。

3.2 不同调节措施对玉米叶片活性铁含量的影响

近年来有研究报道叶片叶绿素含量不仅与全铁含量有明显的相关性, 而且与叶片活性铁含量有更为密切的相关^[14~17]。活性铁含量比全铁含量更能确切地反映叶片的铁营养状况。本实验结果表明(图 1, 2), 与供应 $\text{NO}_3\text{-N}$ 相比, 缺铁条件下供应 $\text{NH}_4\text{-N}$ 不仅增加了新叶的全铁量, 也提高了新叶中活性铁的含量, 二者增加的幅度基本一致, 前者增加了 36%, 后者增加了 34%。这可能是由于 $\text{NH}_4\text{-N}$ 供应使体内的铁大部分转化为活性铁。Hewitt 曾报道成熟叶片中有 63% 的铁是以植物铁蛋白的形式贮存^[17], 如何调用植物成熟器官中贮存形式的铁, 使其变为参与植物体内生理代谢的有效铁, 则是提高植物体内铁再利用效率的一种行之有效的途径。因此, 在一定条件下使用铵态氮肥可能有助于改善植物的铁营养状况。

3.3 不同调节措施对玉米伤流液组分的影响

伤流液中铁的浓度反映了植物根系向地上部运输铁的程度大小, 本实验结果表明伤流液中铁浓度不仅与供铁状况有关, 而且与氮素形态有关(图 4), $\text{NH}_4\text{-N}$ 可明显提高伤流液铁浓度, 这可能是其改善地上部铁营养状况的原因之一。两种氮素形态间的差异主要是由于它们在吸收、运输、同化和代谢过程中的一系列差异造成的。

参 考 文 献

1. Grusak M A. Iron transport to developing ovules of *pisum sativum*. I. Seed import characteristics and phloem iron-loading capacity of source regions. *Plant Physiol.*, 1994, 104: 815~ 820
2. Marschner H, Röniheld V, Kissel M. Different strategies in higher plant in mobilization and uptake of iron. *J. Plant Nutri.*, 1986, 9: 695~ 713
3. Sattelmacher B, Horst W J, Becker H C. Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants. *Z. Pflanzenernähr., Bodenk.* 1994, 157: 215~ 224
4. Kannan S, Pandey P. Absorption and transport of iron in some crop cultivars. *J Plant Nutri.* 1986, 5: 395~ 403

5. Terry N, Abadia J. Function of iron in chloroplasts. *J. Plant Nutri.*, 1986, 9(3~ 7): 609~ 646
6. Alloush G A, Le Bot J, Sanders E, Kirkby E A. Mineral nutrition of chickpea plants supplied with NO_3^- N or NH_4^- N. I. Ionic balance in relation to iron stress. *J. Plant Nutri.*, 1990, 13(12): 1575~ 1590
7. Mengel K, Bubl W. Veteilung von eisen in baltern von weinreben mit HCO_3^- - induzierter Fechorose. *Z. Pflanzenmaehr. Bodenk.* 1983, 146: 560~ 571
8. Takkar P N, Kaur N P. HCl method for Fe^{2+} estimation to resolve iron chlorosis in plants. *J. Plant Nutri.* 1984, 7(1~ 5): 81~ 90
9. Pierson E E, Clark R B. Ferrous iron detemination in plant tissue. *J. Plant Nutri.*, 1984, 7(1~ 5): 107~ 116
10. Terry N, Low G. Leaf chlorophyll content and its relation to intercellular location of iron. *J. Plant Nutri.*, 1982, 5: 301~ 310
11. Holden M J, Luster D G, Chaney R. L, Buckhot T J, Robson C. Fe-chelate reductaes activity of plasma membranes isolated from tomato roots. *Plant Physiol.*, 1991, 197: 205~ 210
12. Mengel K, Planker R, Hoffmann B. Relationship between leaf apoplast pH and Fe chlorosis of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *J. Plant Nutri.*, 1994, 17: 1053~ 1064
13. Terry N. Physiology of trace element toxicity and its relation to iron stress. *J. Plant Nutri.*, 1981, 3(1~ 4): 561~ 578
14. Jacobson L. Iron in the leaves and chlroplast of some plants in relation to their chlorophyll content. *Plant Physiol.*, 1945, 20: 233~ 245
15. Mengel K, Scherer J, Malissoies N. Die chlorose aus der Sicht der Bodenchemie und Rebenemahrung. *Mitt. Klosterneuberg (Austria)*, 1979, 29: 151~ 156
16. Sherif A F E, Osman A Z, Sadik M K, Shata S M. Detemination of femous and ferric iron ratio in spinach plants and their relation to iron application. *J. Plant Nutri.*, 1984, 7(1~ 5): 767~ 776
17. Hewitt E J. Essential and functional metals in plants. *In: Robb D A and Pierpoint W S. eds. Metals and Micronutrients Uptake and Utilization by Plants.* New York: Academic Press, 1983, 277~ 323

EFFECTS OF IRON SUPPLY AND DIFFERENT NITROGEN FORM ON REMOBILIZATION OF IRON FROM DIFFERENT IRON POOLS IN MAIZE PLANT

Guo Shi-wei Zou Chun-qin Zhang Fu-suo Jiang Rong-feng
(*Department of plant nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094*)

Summary

Effects of iron and two nitrogen forms (nitrate and ammonium nitrogen) on remobilization of iron from different iron pools in maize plants were studied in a split-root system in nutrient solution under controlled conditions. The results showed that, Fe nutrition status in young leaves of maize was affected not only by Fe pools strength in maize plants, but also by different nitrogen forms under Fe deficiency stress. When there was no Fe pool in root system, NH_4^- N supply led to 32% of Fe in the primary leaves to be remobilized to young leaves of maize plants, and 40% of Fe in roots with Fe pool to be remobilized. Regardless of root Fe pool, active Fe in new leaves and Fe concentration in xylem sap were increased by NH_4^- N application.

Key words Iron reutilization, Iron pool, Iron supply, Nitrogen form, Maize