

不同氮源对烤烟漂浮育苗氮素利用及烟苗生长的影响

张梦¹, 梁永江², 张长华², 陈小明², 杨宇虹³, 袁玲^{1*}

(1 西南大学资源环境学院, 重庆 400716; 2 贵州省遵义市烟草公司, 遵义 563000;

3 云南省烟草研究所, 云南玉溪 653100)

摘要: 采用水培漂浮育苗的方法, 研究 4 种氮源 (硝态氮、铵态氮、酰胺态氮、硝酸铵) 对烤烟漂浮育苗系统中氮的利用状况。结果表明, 在烤烟漂浮育苗系统中, 氮的表观利用率由高到低依次为硝态氮源 > 酰胺态氮源 > 硝酸铵 > 铵态氮源; 氮的实际利用率表现为前三种氮源之间无显著差异, 但它们均显著高于铵态氮; 烟苗根系活力、光合色素含量、木质化程度等壮苗指标是以硝酸铵、酰胺态氮为氮源的效果显著高于单纯的硝态氮。尿素添加少量的硝态氮是烤烟漂浮育苗培养壮苗最佳的氮源选择。

关键词: 烤烟; 漂浮育苗; 氮形态; 氮素利用率

中图分类号: S572.062

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X (2012) 01-0139-07

Effects of nitrogen sources on nitrogen utilization and growth of flue-cured tobacco in the floating-seeding system

ZHANG Meng¹, LIANG Yong-jiang², ZHANG Chang-hua², CHEN Xiao-ming², YANG Yu-hong³, YUAN Ling^{1*}

(1 College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China; 2 Zunyi Tobacco Company, Zunyi, Guizhou 563000, China; 3 Tobacco Research Institute of Yunnan Province, Yuxi, Yunnan 653100, China)

Abstract: The utilization of four different forms of nitrogen, $\text{NO}_3^- \text{-N}$, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$, $(\text{NH}_2)_2\text{CO-N}$ and NH_4NO_3 , in the flue-cured tobacco floating-seeding system was studied. The results indicate that the highest N apparent utilization efficiency is in the $\text{NO}_3^- \text{-N}$ flue-cured tobacco floating-seeding system, and is followed by the $(\text{NH}_2)_2\text{CO-N}$, NH_4NO_3 and $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ systems. The N actual utilization efficiency is in the order: $\text{NH}_4\text{NO}_3 \approx (\text{NH}_2)_2\text{CO-N} \approx \text{NO}_3^- \text{-N} > \text{NH}_4^+ \text{-N}$. Tobacco seedling indices, such as root activity, photosynthetic pigment content and degree of lignification in the NH_4NO_3 or $(\text{NH}_2)_2\text{CO-N}$ systems are significantly higher than those in the $\text{NO}_3^- \text{-N}$ systems. Therefore, urea plus a small quantity of $\text{NO}_3^- \text{-N}$ could be an optimum selection of N source to improve the qualities of tobacco seedlings and economic fertilization in the floating-seedling system.

Key words: flue-cured tobacco; floating-seeding system; nitrogen forms; nitrogen utilization efficiency

我国常年种植烤烟 100 多万公顷^[1], 每年烤烟施用氮肥高达 10 多万吨^[2]。然而, 在烤烟种植各个环节, 氮肥利用率普遍较低, 损失量大, 浪费严重^[3-4]。提高氮肥肥效, 减少氮素损失和环境污染十分必要。

育苗是烤烟生产的重要环节, 壮苗是烤烟优质

适产的保证。漂浮育苗是把烤烟种子播于装有基质的育苗盘上, 再将盘漂浮在盛有营养液的池中, 烟苗生长所需的水分和养分通过基质由营养液提供。目前, 全国约 80% 的烟苗采用集约化漂浮育苗。在烤烟漂浮育苗体系中, 70 % 以上的氮源来自于价格昂贵的硝酸钾和硝酸铵。此外, 营养液的氮素含量高,

收稿日期: 2011-04-08 接受日期: 2011-11-07

基金项目: 贵州省烟草公司遵义市公司科技攻关项目 (2007-01); 贵州省烟草公司科技攻关项目 (2006-04) 资助。

作者简介: 张梦 (1986—), 男, 河南沁阳人, 硕士研究生, 主要从事植物营养与环境方面的研究。E-mail: zhangmeng426@live.cn

* 通讯作者 Tel: 023-68251249, E-mail: lingyuanh@yahoo.com.cn

利用率低,过量或不足都会严重影响烟苗生长,故氮素营养管理是漂浮育苗的关键环节之一。烤烟可以吸收利用硝态氮、铵态氮,以及少量有机态氮^[5]。其中,硝态氮有利于烟苗生长,促进生长发育和钾的积累^[6-7];铵态氮能提高叶片可溶性糖含量^[8],降低烟碱^[9];两种形态氮素适量配施可提高烟草品质,弥补单施的不足^[5]。试验发现,供应适当比例酰胺态氮不会对烟株生长和烟叶品质产生不良影响,而且还可降低肥料成本^[10]。

烤烟漂浮育苗的生长环境及营养条件有别于土壤和单纯的水培,但对营养液的氮素形态和烟苗氮素利用研究目前还较少。在基质—营养液体系中,一部分氮素被烟苗吸收利用,另一部分被基质吸附或微生物利用转化。为此,试验在漂浮育苗条件下,研究了烟苗对不同形态氮源利用情况,为降低氮肥成本,提高氮素利用率,培育壮苗提供理论依据和技术途径。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试烤烟品种为云贵烟区广泛种植的 K326,于烤烟生长季节在西南大学网室中进行漂浮育苗,培育周期为 40 d。

漂浮育苗基质采用遵义市烟草公司提供的烟草漂浮育苗专用基质(贵州湘晖农业科技有限公司生产,有机质含量 26.80%、全氮 0.67%、全磷 0.09%、全钾 0.90%)。

1.2 试验设计

试验共设 4 个不同的氮源处理,分别为:硝态氮(NO_3^- -N)、铵态氮(NH_4^+ -N)、酰胺态氮 $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ -N]、50%硝态氮+50%铵态氮(50% NO_3^- -N+50% NH_4^+ -N),由 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 、 NH_4NO_3 提供;除氮形态外,各处理中的氮、磷、钾及其它矿质营养初始含量相等,分别为 N 10 mmol/L、P 1 mmol/L、K 3 mmol/L、Mg 0.015 mmol/L、Fe 0.006 mmol/L、Mn 0.006 mmol/L、Zn 0.002 mmol/L、Cu 0.002 mmol/L、Mo 0.004 mmol/L、B 0.013 mmol/L。

采用 160 孔标准烟草育苗盘,每孔装基质 5 g,装盘播种后,将苗盘漂浮于纯水中发芽;幼苗出现两片真叶时,将苗盘分别置于承装不同处理营养液的水箱中培养,每个水箱一盘,营养液用去离子水配制。同时在各氮素形态的处理中,设置不播种的苗盘(营养液-基质-未植烟系统)作为对照(CK),

共设 4 个对照处理。目的是消除基质对营养液的影响所带来的误差。在烟苗生长期,定期添加去离子水保持箱内水深 8 cm,精确到营养液体积 14.48 L。

1.3 测定项目与方法

在培养期间,每隔 10 d 测定各营养液中的硝态氮(紫外比色法)^[11]、铵态氮(靛酚兰比色法)^[11]、亚硝态氮(重氮化耦合分光光度法)^[11]和尿素(对二甲氨基苯甲醛比色法)^[12]的含量。各处理取 3 个样本(每个样本 10 株烟苗),测定 40 d 烟苗的生物量及植株全氮含量,采用乙醇丙酮混合浸提比色法测定最大叶片的叶绿素、类胡萝卜素、光合色素含量,TTC 还原法测定根系活力^[13],另取茎基部 3 cm 处茎段 10 个,徒手切片,间苯三酚染色,光学显微镜观察评定木质化程度。

1.4 数据计算与处理

根据实测数据,进行氮素表观利用量、氮素表观利用率、烟株氮素吸收量和氮素实际利用率的计算,公式如下:

氮素表观利用量 $Q(t)$ (N mg/盘) = $(C_{\text{CK}} - C) \times V$
其中: C_{CK} 为对照(未植烟)营养液的氮素浓度; C 为植烟营养液的氮素浓度; V 为营养液的体积。

氮素表观利用率 (%) = 氮素表观利用量/营养液中氮的施用量 $\times 100$

烟株氮素吸收量 (N mg/株) = 烟株含氮量 \times 生物量

苗盘烟株氮素利用量 (N mg/盘) = 烟株氮素吸收量 \times 苗盘烟株数

氮素实际利用率 (%) = 苗盘烟株氮素利用量/营养液中的氮素施用量 $\times 100$

试验数据用 Excel 和 SPSS 18.0 软件进行处理和统计分析, Duncan 法进行多重比较,显著水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 漂浮育苗营养液不同形态氮的变化

在漂浮育苗的营养液中,不同氮形态的氮素浓度随烟苗的生长发生显著的变化(图 1)。在硝态氮源的营养液中(图 1a),硝态氮浓度随着烟苗的生长迅速递减,在烟苗生长至 40 d 时趋近于 0。与此同时,溶液中未测得 NH_4^+ -N,但有少量的 NO_2^- -N。未植烟营养液的硝态氮浓度在整个培养期无显著变化,说明未植烟的对照营养液 NO_3^- -N 无损失,而植烟营养液中的 NO_3^- -N 降低源于烟苗的吸收。

铵态氮源的营养(图 1b)中,未植烟的对照营养

液在前 10 d 时铵态氮浓度约降低了 8.9%,之后无显著变化,降低的部分估计被基质吸附,少量氧化为硝态氮。在植烟的营养液中,铵态氮浓度前 10 d 快速降低,接着(10~30 d)缓慢降低,后期(>30 d)下降较快。说明营养液中铵态氮含量的降低是烟苗吸收和基质吸附的结果。

在酰胺态氮源营养(图 1c)中,未植烟的对照营养液的酰胺态氮在 0~30 d 仅降低了 13%,但 30~40 d 快速降低。其中,约有 50% 的尿素转化为铵态氮和硝态氮,说明基质中的微生物酶系统参与了酰胺态氮的转化。在植烟的营养液中,酰胺态氮浓度在 10 d 时基本与对照相等,说明烟苗在此阶段吸收甚少;在 20~40 d 酰胺态氮浓度几乎呈直线降低

趋势,表明了烟苗迅速吸收;在 40 d 时,酰胺态氮浓度趋近于 0,供应的氮源大部分被烟苗吸收,少部分以硝态氮和铵态氮的形式存留于溶液中,但浓度极低,分别为 1.04 mmol/L(铵态氮)和 0.80 mmol/L(硝态氮)。

在 50% 硝态氮 + 50% 铵态氮源营养(图 1d)中,未植烟对照营养液中的铵态氮浓度大幅度波动,并在 20 d 时检测到亚硝态氮,估计与微生物的氧化还原反应有关,在 40 d 时营养液中的硝态氮浓度超过铵态氮,说明部分铵态氮转化为硝态氮。在植烟营养液中,铵态氮和硝态氮浓度总是显著低于对照,主要原因是烟苗吸收。

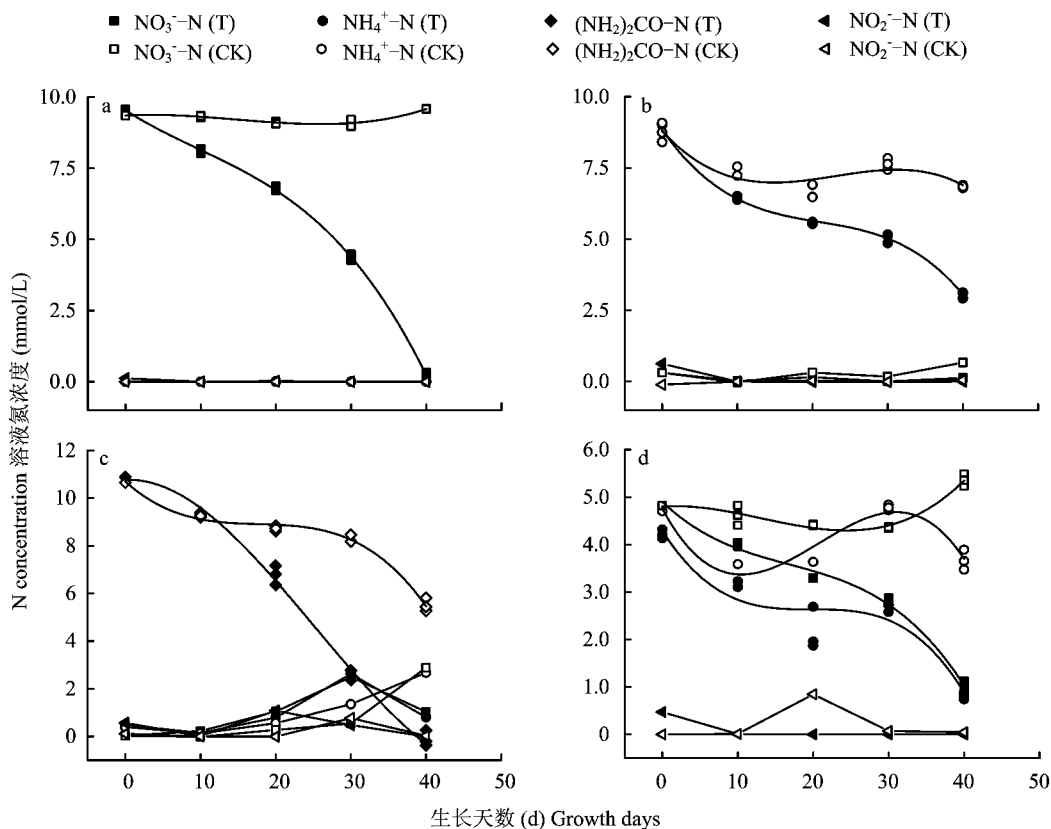


图 1 不同供氮条件下营养液中氮浓度的变化

Fig.1 Changes of N concentrations of culture solution under different supplied N forms

[注(Note): 图 a、b、c、d 分别显示硝态氮、铵态氮、酰胺态氮、50% 硝态氮 + 50% 铵态氮处理;点为实测值;T 和 CK 分别为植烟和未植烟处理。a, b, c and d are the changes of N concentrations in the NO_3^- -N, NH_4^+ -N, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ -N and 50% NO_3^- -N + 50% NH_4^+ -N culture solutions, respectively. T and CK indicate the treatments with tobacco growing and without tobacco growing, respectively.]

此外,在未植烟的营养液中,三种氮形态的稳定性顺序表现为 NO_3^- -N > NH_4^+ -N > $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ -N, 说明基质中的微生物或酶参与氮素转化。在植烟的营养液中,供应硝态氮和酰胺态氮,40 d 时消耗殆

尽,在酰胺态氮的营养液中检测到少量的 NO_3^- -N 和 NH_4^+ -N。但是,在供应铵态氮的营养液中,40 d 时尚有 25% 铵态氮。说明在漂浮育苗过程中,烟苗对氮的吸收因形态不同而异,且受基质的影响。

2.2 不同氮源对氮素表观利用量的影响

在烟苗培养期间,生物和非生物因素显著影响营养液中不同形态氮的变化。为了反映漂浮育苗系统(烟苗+基质微生物)对不同氮源的利用状况,引入氮素表观利用量 $Q(t)$ 。图2所示,硝态氮源的氮素表观利用量 $Q(t)$ 随烟苗生长而加速增长,铵态氮源的 $Q(t)$ 各时期均显著低于硝态氮源,酰胺态氮源的 $Q(t)$ 在10 d后快速增长。不同处理 $Q(t)$ 的变化反映出苗盘生物对不同氮源的利用存在显著差异,从时间进程来看,几种氮源的表观利用量 $Q(t)$ 表现为: 0~10 d, 硝态氮 > 铵态氮 > 酰胺态氮; 20~30 d, 酰胺态氮 > 硝态氮 > 铵态氮; 30~40 d, 硝态氮 > 酰胺态氮 > 铵态氮。苗盘生物在整个培养阶段对硝态氮的氮素表观利用量最高,铵态氮最低,而对于尿素的利用初期存在一个缓滞期,但最终利用量仅略低于硝态氮。在50%硝态氮+50%铵态氮源共存条件下,苗盘氮素表观利用量介于两者之间,略低于酰胺态氮源处理,并随时间推移稳定递增。由此可见,苗盘(包括烤烟和基质微生物)对不同氮源的利用存在差异,其氮素表观利用量表现为硝态氮源 > 酰胺态氮源 > 50%铵态氮+50%硝态氮源 > 铵态氮源。

2.3 不同氮源对烤烟氮素利用的影响

氮素的供应形态影响烟苗对氮的吸收积累,进而影响植株体内的碳、氮代谢和生长状态。表2所示,不同处理的烟株氮含量有显著差异,呈现铵态

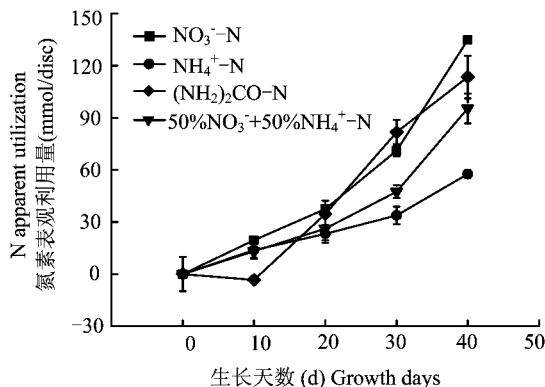


图2 不同氮源的氮素表观利用量
Fig. 2 The amount of N apparent utilization of different N sources

氮源 > 酰胺态氮源 ≈ 50% 铵态氮 + 50% 硝态氮源 > 硝态氮源处理。但烟株氮素积累量与烟苗氮含量呈现相反的规律,即硝态氮源 > 酰胺态氮源 ≈ 50% 铵态氮 + 50% 硝态氮源 > 铵态氮源。从烟株的生长来看,不同处理的烟株存在显著的差异,单株生物量表现为硝态氮源 > 50% 铵态氮 + 50% 硝态氮源 ≈ 酰胺态氮源 > 铵态氮源处理,其中硝态氮源处理的单株干重是铵态氮源的二倍,差异显著。可见施用硝态氮的处理烟株干物质积累量最大,对氮素的吸收量最多;铵态氮源处理烟株干物质积累量最低,对氮素的吸收量最少。而酰胺态氮营养与铵态氮硝态氮配合的处理介于两者之间,但明显优于单纯的铵态氮营养。

表2 不同氮源对烟苗生长和氮素吸收的影响

Table 2 Effects of different N sources on plant growth and N uptake of tobacco seeding

处理 Treatment	烟株生物量 Biomass (g/plant, DW)	烟株含氮量 Plant N content (%)	烟株氮素吸收量 N uptake (mg/plant)
NO ₃ ⁻ -N	0.3005 a	2.199 c	6.61 a
NH ₄ ⁺ -N	0.1627 c	3.041 a	4.95 b
(NH ₂) ₂ CO-N	0.2636 b	2.478 b	6.53 a
50%NO ₃ ⁻ -N+50%NH ₄ ⁺ -N	0.2578 b	2.464 b	6.35 a

注(Note): 同列数值后不同小写字母者表示处理间在5%水平差异显著 Values followed by different small letters in a column indicate significant differences between treatments at the 5% level.

2.4 不同氮源对烤烟营养生理的影响

漂浮育苗的各项管理措施目标是为了培养壮苗。烤烟壮苗不仅需要考察烟苗的生物量、养分含量,而且更重要的要考察烟苗的木质化程度、根系活力、叶绿素含量等生理生化指标。不同的氮形态会显著影响烟株的生理生化活性。表3表明,烟苗根

系活力受氮源的影响差异明显,酰胺态氮源、50%铵态氮+50%硝态氮源处理显著高于铵态氮源、硝态氮源处理居中。光合色素(叶绿素a、b,类胡萝卜素)含量表现为随硝态氮比例的增加而下降,随铵态氮比例增加而升高,而酰胺态氮源处理的光合色素含量与铵态氮源处理差异不显著。可见,酰胺

表 3 不同氮源对烤烟生理指标的影响
Table 3 Effects of different supplied N sources on physiological indices of seeding tobacco

处理 Treatment	根系活力 Root activity [TTF $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$]	叶绿素 a Chl. a (mg/g)	叶绿素 b Chl. b (mg/g)	类胡萝卜素 Carotenoid (mg/g)	光合色素含量 Photosyn. pigment (mg/g)	木质化程度 Degree of lignification
$\text{NO}_3^- - \text{N}$	105.39 b	1.31 c	0.53 c	0.47 c	2.31 c	+
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	88.98 c	1.78 a	0.75 a	0.62 a	3.14 a	+++
$(\text{NH}_2)_2\text{CO} - \text{N}$	108.22 ab	1.70 ab	0.69 b	0.60 ab	2.99 ab	++
50% $\text{NO}_3^- - \text{N}$ + 50% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$	117.49 a	1.63 b	0.67 b	0.57 b	2.87 b	++

注(Note): 表中“+”表示木质化程度高低,“+”越多木质化程度越高“+” indicates the degree of lignification; more “+” means higher degree of lignification. 同列数值后不同小写字母者表示处理间在 5% 水平差异显著 Different small letters in a column indicate significant differences between treatments at the 5% level.

态氮和硝酸铵为氮源时,植株具有较高的根系活力;铵态氮为氮源时根系活力较低,光合色素含量较高;硝态氮为氮源时光合色素含量、木质化程度最低。

2.5 不同氮源下漂浮育苗的氮素积累与利用

从表 4 可以看出,不同的氮源处理显著影响漂浮育苗体系中氮的利用状况。烟株氮素利用量和氮素表观利用量由高到低依次为硝态氮源 > 酰胺态氮源 > 50% 铵态氮 + 50% 硝态氮源 > 铵态氮源处理。而营养液氮素消耗量则是硝态氮源和酰胺态氮源处

理的最高,50% 铵态氮 + 50% 硝态氮源处理次之,铵态氮源处理最低。氮源的不同也显著影响氮素实际利用效率,50% 铵态氮 + 50% 硝态氮源、硝态氮源和酰胺态氮源处理三者无显著差异,铵态氮源处理的最低;氮素表观利用效率则以硝态氮源处理最高,极显著地高于其它各处理,酰胺态氮源处理与 50% 铵态氮 + 50% 硝态氮源处理的次之(二者之间无显著差异),铵态氮源处理的最低。

表 4 不同氮形态对漂浮育苗体系氮素利用效率的影响
Table 4 Effects of different N sources on N utilization efficiency(UE) in the floating-seeding system

处理 Treatment	烟株氮 利用量 N accum. (mg/disc)	氮素表观利用量 N apparent utilization (mg/disc)	营养液氮消耗量 N consum. in the solution (mg/disc)	氮素实际 利用率 N actual UE (%)	氮素表观 利用率 N apparent UE (%)
$\text{NO}_3^- - \text{N}$	1057.3 a	1887.0 a	1911.6 a	55.31 a	98.76 a
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	791.7 b	806.3 c	1534.6 c	51.68 b	52.68 c
$(\text{NH}_2)_2\text{CO} - \text{N}$	1045.2 a	1588.5 b	1931.0 a	54.12 a	82.26 b
50% $\text{NO}_3^- - \text{N}$ + 50% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$	1016.3 a	1334.8 b	1693.6 b	59.95 a	78.83 b

注(Note): 同列数值后不同小写字母者表示处理间在 5% 水平差异显著 Values followed by different small letters in a column indicate significant differences between treatments at the 5% level.

3 讨论

在未植烟的营养液中,三种氮形态的稳定性表现为 $\text{NO}_3^- - \text{N} > \text{NH}_4^+ - \text{N} > (\text{NH}_2)_2\text{CO} - \text{N}$,说明存在基质的吸附、微生物或酶的氧化和水解等作用;在植烟的营养液中,40 d 时硝态氮源处理中的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和酰胺态氮源处理中的 $(\text{NH}_2)_2\text{CO} - \text{N}$ 趋近于 0,50% 铵态氮 + 50% 硝态氮源处理中的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和

$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 稍有剩余,唯有铵态氮源处理的营养液中还残存有 25% $\text{NH}_4^+ - \text{N}$,说明不同的氮源显著影响了漂浮育苗体系对氮的利用。

在烤烟漂浮育苗体系中,采用氮素表观利用量 $Q(t)$ 综合表征系统(烟苗、基质和微生物)对氮的利用差异。研究表明,在整个培养期,来自于不同氮源的 $Q(t)$ 大小顺序为硝态氮 > 酰胺态氮 > 50% 铵态氮 + 50% 硝态氮(硝酸铵) > 铵态氮处理。硝态氮

处理的 Q(t) 最高, 铵态氮处理的最低, $(\text{NH}_2)_2\text{CO} - \text{N}$ 处理在初期存在一个缓滞期, 10 d 以后 Q(t) 快速增加, 说明尿素逐步水解后, 它的 Q(t) 大于硝酸铵和铵态氮源。进一步研究发现, 烟苗的氮素累积量也受氮源的显著影响, 但除铵态氮源处理之外, 其它三个处理之间均无显著差异, 即硝态氮、硝酸铵和尿素均可选择作为烤烟育苗的氮源。在硝态氮、硝酸铵和尿素为氮源的系统中, 引起 Q(t) 的差异主要来自于系统中的微生物或酶的作用, 结合各处理氮素实际利用率和表观利用率, 它们分别有 44.45%、28.14%、17.88% 的氮素被微生物消耗, 推测营养液中的硝态氮可能有部分反硝化损失^[14]; 在硝态氮源的处理中, 这种作用大于其它有铵盐存在的系统。鉴于这种情况, 以全硝态氮为氮源的漂浮育苗营养液不应该是最佳的选择。

烟苗对铵态氮利用差的主要原因可能来自于吸收所带来的酸化效应^[15-16], 在培育结束时, 铵态氮源处理营养液降低了 2 个 pH 单位也证实了这一现象。铵态氮源处理的烟苗氮素含量和叶片光合色素含量高, 植株矮小, 生物量低, 这与氮素的过量吸收影响到烟苗的正常生长及代谢有关^[17-18], 此外, 由于溶液 pH 低, 影响基质微生物活性及烟苗自身根系活力等, 所以在漂浮育苗营养液中, 不能用铵态氮代替整个氮素营养。

在本试验结果中, 虽然硝态氮源最利于烟苗吸收, 铵态氮源最差, 烟苗对氮源的吸收利用的高低顺序为硝态氮 > 酰胺态氮 > 50% 铵态氮 + 50% 硝态氮 (硝酸铵) > 铵态氮处理, 多数研究也证实烤烟为喜硝态氮的作物^[19], 但是, 通过考察烟苗的生物量、根系活力、木质化程度、叶绿素含量等生理生化指标后发现, 以硝酸铵、尿素和硝态氮为氮源的植株具有高的根系活力和生物量; 但硝态氮为氮源时光合色素含量和木质化程度最低。即以综合指标评价, 以尿素或硝酸铵为氮源的漂浮育苗营养液更有利于培育壮苗。

综上所述, 烤烟漂浮育苗是一个特殊系统, 对氮的利用包含烟苗、微生物或酶的利用及分解损失等, 不同的氮素形态对烤烟漂浮育苗影响各异。研究表明, 用硝态氮和铵态氮混合营养液更利于壮苗, 有较少的氮损失和更高的氮素实际利用率。而以尿素为氮源的系统实际是脲酶分解后的硝态氮与铵态氮的混合系统, 烟苗在生长初期, 对氮素需求量较少, 适当添加硝态氮即可解决此矛盾, 随着尿素的逐步分解, 即可形成硝态氮与铵态氮的混合溶液, 这个系统

由于其更适合壮苗的培育和较少的氮损失, 所以优于单纯的硝态氮系统。同时, 尿素比硝酸钾和硝酸铵更经济, 故尿素添加少量的硝态氮是烤烟漂浮育苗体系中培养壮苗最佳的氮源选择。

参考文献:

- [1] 王彦亭. 中国烟草种植区划 [M]. 北京: 科技出版社, 2009. 1-2.
Wang Y T. Tobacco-planting regionalization in China [M]. Beijing: Science Press, 2009. 1-2.
- [2] 张卫峰, 马文奇, 王雁峰, 张福锁. 基于 CBEM 模型的 2010 年农田化肥需求预测 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14 (3): 407-416.
Zhang W F, Ma W Q, Wang Y F, Zhang F S. Forecasting fertilizer demand of China in 2010 using CBEM model [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2008, 14(3): 407-416.
- [3] 李春俭, 张福锁, 李文卿, 等. 我国烤烟生产中的氮素管理及其与烟叶品质的关系 [J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13 (2): 331-337.
Li C J, Zhang F S, Li W Q *et al.* Nitrogen management and its relation to leaf quality in production of flue-cured tobacco in China [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2007, 13(2): 331-337
- [4] 马兴华, 张忠锋, 荣凡番, 等. 高低土壤肥力条件下烤烟对氮素吸收、分配和利用的研究 [J]. 中国烟草科学, 2009, 30 (1): 1-4, 9.
Ma X H, Zhang Z Y, Rong F F *et al.* Studies on nitrogen absorption, distribution and utilization in flue-cured tobacco under higher and lower fertility conditions [J]. Chin. Tob. Sci., 2009, 30 (1): 1-4, 9.
- [5] 韩锦峰. 烟草栽培生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 138-140.
Han J F. Tobacco cultivation and physiology [M]. Beijing: China Agric. Press, 2003. 138-140.
- [6] 刘勤. 氮形态和硫水平对烤烟氮、硫、钾等营养的影响 [J]. 土壤通报, 2006, 37(6): 1171-1174.
Liu Q. Effects of nitrogen forms and sulphur rate on nitrogen, sulphur and potassium nutrition of tobacco [J]. Chin. J. Soil Sci., 2006, 37(6): 1171-1174.
- [7] 介晓磊, 黄向东, 刘世亮, 等. 不同氮素供应对烟草品质指标的影响 [J]. 土壤通报, 2007, 38(6): 1150-1153.
Jie X L, Huang X D, Liu S L *et al.* Effect of different nitrogen forms on tobacco quality indices [J]. Chin. J. Soil Sci., 2007, 38(6): 1150-1153.
- [8] 杨宇虹, 赵正雄, 李春俭, 等. 不同氮形态和氮水平对水田和旱地烤烟烟叶糖含量及相关酶活性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1386-1394.
Yang Y H, Zhao Z X, Li C J *et al.* Effects of nitrogen fertilization on carbohydrate content and related metabolic enzymes of flue-cured tobacco in paddy field and highland [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2009, 15(5): 1386-1394.
- [9] Karaivazoglou N A, Tsotsolis N C, Tsadilas C D. Influence of

- liming and form of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, growth, yield and quality of virginia (flue-cured) tobacco [J]. *Field Crops Res.*, 2007, 100(1): 52-60.
- [10] 习向银, 陈益银, 刘国顺, 时向东. 尿素态氮水平对烤烟漂浮育苗中营养生长和生理特性的影响[J]. *华北农学报*, 2008, 23(1): 128-132.
- Xi X Y, Chen Y Y, Liu G S, Shi X D. Effects of urea-nitrogen level on nutritional growth and physiological characteristics of flue-cured tobacco seedlings in the floating system [J]. *Acta Agric. Boreali-Sin.*, 2008, 23(1): 128-132.
- [11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000. 129-133.
- Lu R K. The analytic methods of soil and agricultural chemistry [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000. 129-133.
- [12] 刘志刚, 赵庆良, 孙丽欣, 等. PDAB 比色法直接测定液相中的常量尿素[J]. *哈尔滨工业大学学报*, 2008, 40(8): 1214-1217.
- Liu Z G, Zhao Q L, Sun L X *et al.* Determination of medium concentration urea in solution by p-dimethylaminobenzaldehyde colorimetry [J]. *J. Harbin Inst. Tech.*, 2008, 40(8): 1214-1217.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 119-137.
- Li H S. Principles and techniques of plant physiological and biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000. 119-137.
- [14] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 195-196.
- Huang C Y. Soil Science [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000. 195-196.
- [15] 任永浩, 陈建军, 韩锦峰. 不同根际 pH 值下烤烟生长反应的比较研究[J]. *中国烟草科学*, 1995, (3): 1-5.
- Ren Y H, Chen J J, Han J F. Influence of pH value on growth of flue-cured tobacco [J]. *Chin. Tob. Sci.*, 1995, (3): 1-5.
- [16] 唐莉娜, 熊德中. 土壤酸度的调节对烤烟根系生长与烟叶化学成分含量的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2002, (4): 69-71.
- Tang L N, Xiong D Z. Effects of soil acidity adjustment on root growth and chemical compositions of the cured leaves in flue-cured tobacco [J]. *Chin. J. Eco-Agric.*, 2002, (4): 69-71.
- [17] 韩锦峰, 史宏志, 官春云, 等. 不同施氮水平和氮素来源烟叶碳氮比及其与碳氮代谢的关系[J]. *中国烟草学报*, 2006(1): 19-25.
- Han J F, Shi H Z, Guan C Y *et al.* C/N of tobacco leaf and its relations with carbon and nitrogen metabolism as related to nitrogen level and source [J]. *Acta Tab. Sin.*, 2006, (1): 19-25.
- [18] Kirkby E A, Mengel K. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nutrition [J]. *Plant Physiol.*, 1967, 42(1): 6-14.
- [19] Havlin J L, Beaton J D, Tisdale S L, Nelson W L. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management(7th ed.) [M]. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005. 99-100.