

包膜尿素对旱地红壤氮素垂直迁移特征的影响^①

王霞¹, 崔键^{2,3}, 周静^{3*}

(1 环境保护部南京环境科学研究所, 南京 210042; 2 南京师范大学地理科学学院, 南京 210046;

3 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要: 结合花生田间试验, 利用原位土壤溶液取样装置, 研究了一次性基施包膜尿素对典型红壤旱地 0~100 cm 深度土壤溶液氮(N)素垂直迁移特征的影响。结果表明, ①旱地 0~100 cm 土层红壤溶液 N 素含量以 NO₃-N 含量最高, 且以包膜肥料处理较明显; ②对照处理 0~100 cm 土层红壤 N 素含量变化不大, 而普通尿素和包膜尿素处理 0~60 cm 土层的 N 素变化较大, 尤以花生花期最明显; ③包膜尿素能较长时间维持耕层(0~40 cm)土壤溶液较高的 N 素含量, 减少 N 素向红壤较深层(60 cm)迁移。④红壤旱地上一次性基施 N 150 kg/hm² 的包膜尿素种植花生, 包膜尿素养分的释放与花生对 N 营养的吸收相配性较差, 仍待进一步调整施肥量。

关键词: 包膜尿素; 红壤旱地; 土壤溶液; 土壤氮素; 垂直迁移

中图分类号: S147.2

目前, 我国氮(N)肥利用率约为 30%~35%^[1-2], 淋溶损失是一个重要的原因^[3-4]。据研究, 施入农田的 N 肥约有 10%~50% 经土壤淋溶进入地下水^[5-6], 成为农业面源污染的重要过程, 也给我我国农业发展与环境保护带来严重威胁^[1,7-8]。之前关于肥料养分淋失过程的研究多采用室内模拟^[9-10], 而在田间的研究多侧重水田^[11-13], 对旱地特别是南方红壤旱地的研究较少。

围绕如何提高养分的利用率, 缓/控释肥料相继问世, 并成为新世纪化肥革新和研究的热点。然而, 缓/控释肥料在我国的发展较晚, 且其成本高、控释性能难于和作物同步等问题而未能在国内大面积应用。目前, 关于缓/控释肥料的应用研究多集中在水田及作物产量上, 而因对旱地农田及其环境效应的研究不够深入^[4,14]。旱地农田水分和温度变化的不确定性, 在制约着缓/控释肥料的释放性能及其与作物吸收的相配性的同时, 进而影响着养分在土体的分布、肥料利用率及其环境效应^[14-17]。本研究以包膜尿素为研究对象, 利用原位土壤溶液取样装置, 对旱地红壤 N 素的垂直迁移特征进行了原位研究, 以期对缓控释肥料的应用及其环境效应评价提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究地点

试验设在江西鹰潭中国科学院红壤生态实验站长期定位观测场。该区气候温热多雨, 年降雨量 1 800 mm, 但降水季节分布不均, 干湿季节明显, 雨季多在 4—6 月。站区的生态环境条件是我国中亚热带东部第四纪红黏土发育的红壤丘岗区的一个缩影, 在赣东北、浙北、皖南、闽北以及广大的东南区域有较强的代表性。

1.2 供试材料

供试土壤为第四纪红黏壤, 耕层土壤有机质 11.05 g/kg, 全 N 0.54 g/kg, 碱解 N 52.60 mg/kg, NH₄⁺-N (湿基) 1.46 mg/kg, 速效 P 44.83 mg/kg, 速效 K 283.52 mg/kg, 土壤 pH (土水比 1:2.5) 为 4.8; 土壤体积质量 (容重) 为 1.31 g/cm³。

供试花生品种为赣花 5 号。供试包膜肥料为山东临沂金正大集团生产的包膜尿素 (N 420 g/kg, 控释时间 90 天); 供试尿素为河南大通化工股份有限公司生产的普通尿素 (N 460 g/kg); 供试磷肥为江西江磷磷肥有限责任公司生产的钙镁磷肥 (P₂O₅≥120 g/kg); 供试钾肥为中化化肥有限公司售加拿大进口的氯化钾 (K₂O≥600 g/kg)。

1.3 试验设计

根据 N 肥品种及当地施肥量采用单因子 (N 肥) 随机区组法共设计 3 个处理: ①CK, 不施 N 肥; ②

①基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项 (国 57002) 资助。

* 通讯作者: (zhoujing@issas.ac.cn)

作者简介: 王霞 (1978—), 女, 山东泰安人, 博士, 副研究员, 研究方向为土壤生态。E-mail: wangx@ofdc.org.cn

BN, 仅施包膜尿素 ($N\ 150\ kg/hm^2$); ③PN, 仅施普通尿素 ($N\ 150\ kg/hm^2$), P、K 肥施用量相同, 分别为 $P_2O_5\ 90\ kg/hm^2$ 和 $K_2O\ 135\ kg/hm^2$ 。以上所用肥料均作为基肥, 施肥方式为沟施+覆盖。

试验地分设 3 个小区 ($20\ m \times 5\ m$), 小区间用宽 0.2 m、深 1 m 的水泥挡板隔开。将每个试验小区按坡向及坡度平均分为 3 个面积等大的微区, 作为本试验的一个处理的 3 次重复。每个微区内 0~100 cm 土壤剖面垂直安装 4 个原位土壤溶液取样装置^[18], 在降雨后分别采集土壤剖面 20、40、60、100 cm 处的土壤溶液。

1.4 试验方法

花生于 2009 年 4 月 7 日播种 (播量 $150\ kg/hm^2$), 于 2009 年 8 月 10 日收获。于播种前一天 (即 2009 年 4 月 6 日), 在每个微区开挖一个 $1\ m \times 1\ m \times 1\ m$ 的土坑, 并在土壤表层下 20、40、60、100 cm 处分别安装原位土壤溶液取样装置, 将土分层填入、埋实, 抽液管露出地面约 10 cm, 以便采集土壤原液。在降雨后即 4 月 25 日 (苗期)、6 月 3 日 (花期) 和 8 月 5 日 (收获期), 用特制的带刻度的抽气筒通过原位土壤溶液取样器采集不同深度的土壤溶液 10~20 ml, 装入经去离子水处理后的聚乙烯瓶 (30 ml) 带回实验室低温保存, 于次日进行化学分析。

土壤溶液中全 N (TN)、铵态氮 (NH_4^+-N) 和硝态氮 (NO_3^--N) 含量, 分别采用碱性过硫酸钾消化-紫外比色法 (GB11894-1989)、靛酚蓝比色法 (GB8538-

1995) 和紫外双波长比色法 (GB7480-1987) 测定。

1.5 统计与制图

所测数据采用 SAS8.0 软件邓肯新复极差法进行统计分析, 用 Origin8.0 软件制图。

2 结果与分析

2.1 土壤溶液氮素的垂直分布总体特征

一次性基施尿素种植花生后, 红壤 0~100 cm 剖面土壤溶液中 N 素 (TN、 NH_4^+-N 和 NO_3^--N) 含量的变化如图 1~3。从图中可以看出, 对照 CK 处理 0~100 cm 土层 N 素含量变化不大, 而普通尿素 PN 和包膜尿素 KN 处理 0~60 cm 土层的 N 素变化较大, 尤以花生花期最明显, 这可能与根系活力、强降水条件下肥料的大气沉降和土壤入渗有关。作物根系吸收养分最活跃的深度在 20~40 cm, 并且本研究区红壤在剖面深度 40 cm 有一质地黏重的土层, 影响作物根系向下伸长, 进而导致土层 0~60 cm 溶液 N 素的变化幅度较大。强降水是造成旱地土壤 NO_3^--N 淋失的主要原因之一^[19-20], 当土壤饱和后, 每 25 mm 的灌溉或降水可使 NO_3^--N 在砂土上的日迁移速率达 15~20 cm^[21]。本研究期间, 5 月 17 日—6 月 3 日, 降水持续并且有 6 次强降水 (日降水量为 13.0~77.0 mm), 5 月份也是该地区早稻大面积追肥期, 追肥氨挥发经由大气降水重新返回农田也致使 6 月 3 日土壤溶液 0~60 cm N 素变化较大。

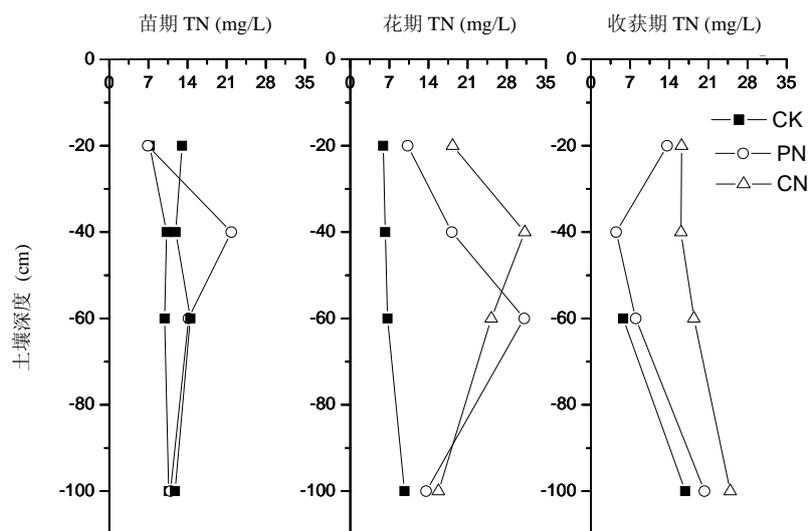


图 1 不同 N 肥处理条件下土壤剖面 TN 浓度的变化

Fig. 1 Mass concentrations for total nitrogen of 0~100 cm red soil depth under different nitrogen fertilizer treatments

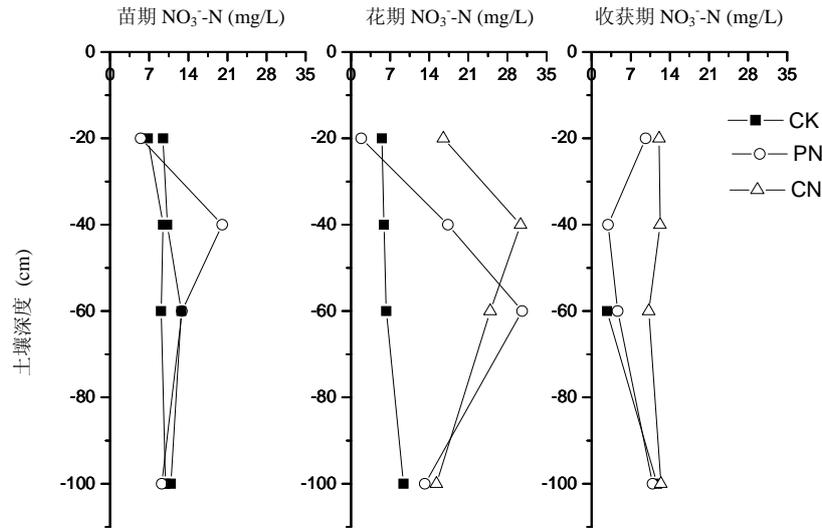


图 2 不同 N 肥处理条件下土壤剖面 NO_3^- -N 浓度变化

Fig. 2 Mass concentrations for NO_3^- -N of 0–100 cm red soil depth under different nitrogen fertilizer treatments

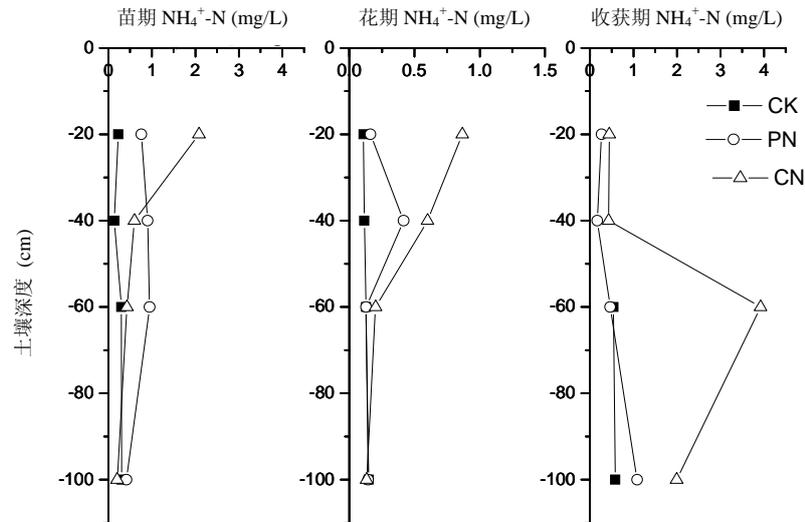


图 3 不同 N 肥处理条件下土壤剖面 NH_4^+ -N 的浓度变化

Fig. 3 Mass concentrations for NH_4^+ -N of 0–100 cm red soil depth under different nitrogen fertilizer treatments

由图 1~3 也可知,花生整个种植季节,3 个处理土层 0~100 cm 土壤溶液均以 NO_3^- -N 含量最高,以 BN 处理较明显,这与土体中 N 的形态及肥料的特性关系密切。 NH_4^+ -N 呈还原态,易被土壤胶体吸附,而 NO_3^- -N 呈氧化态,存在于土壤溶液中。包膜尿素施入旱地土壤后,由于包膜的控释能力和 NH_4^+ -N 迁移性较小,缓慢释放出的 N 素不断被转化为 NH_4^+ -N 而多数被吸附在土粒上。吸附态的 NH_4^+ -N 在硝化细菌作用

下,相当一部分 N 素转化为 NO_3^- -N,受水迁移和浓度扩散及对流的影响, NO_3^- -N 进一步在土壤不同层次形成 N 素的累积^[22-23],这也是引起旱地红壤施用包膜尿素种植花生后 0~100 cm 深度土壤溶液中 N 素垂直变化的另一原因。

2.2 不同生育期红壤溶液氮素的垂直迁移

2.2.1 苗期 花生苗期,20 cm 土层处红壤溶液 N 素均以 BN 处理最高, TN、 NH_4^+ -N 和 NO_3^- -N 的含量

分别为 13.04、2.08 和 9.48 mg/L; 40 cm 土层以 PN 处理最高, 分别为 21.83、0.90 和 20.06 mg/L, 分别为 BN 处理的 1.8、1.5 和 2.0 倍; 60~100 cm 土层 BN 和 PN 处理相当。而苗期, 花生的根系尚待发育, 根在土壤中的分布较浅。可见, 旱地红壤施入包膜尿素后, 更易于花生对 N 素营养的吸收。差异显著性分析表明, BN 和 PN 处理间, 20 cm 土层处红壤溶液 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量差异较显著 ($n=9$, $p=0.0791<0.10$), 40 cm 土层 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量差异达极显著水平 ($n=9$, $p=0.0024<0.01$)。原因可能在于降水条件和肥料特性。4月19日—4月25日的连续降水, 且4月19日和4月22日的降水量分别为 72.6 mm 和 40.4 mm。而此时(4月25日)距施肥时间(4月6日)仅有 20 天, 包膜尿素仍在加速释放 N 素, 故在红壤的表层(20 cm)维持较高的 N 素含量。笔者 2005 年 4 月 14 日和 9 月 6 日在本研究区红壤基施普通尿素 ($\text{N } 70 \sim 130 \text{ kg/hm}^2$) 处理中发现, 氨挥发持续时间都在 10~14 天^[24], 说明尿素在红壤基施后的 10~14 天大部分 N 素已转化可溶态, 故 PN 处理 N 素易随强降水向红壤深层移动, 导致红壤次表土层(40 cm)较高的 N 素。这与前人的研究结果“在土壤保持较湿润的状态, 高施 N 肥量导致明显的土壤无机 N 淋洗”^[17,19,25]基本一致。

2.2.2 花期 与苗期相比, BN 处理花期 0~60 cm 土层红壤溶液 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量均有不同程度增加, 尤以 40 cm 土层处最明显, 分别为苗期对应土层的 2.6 和 3.0 倍(如图 1~3); 而红壤溶液 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量在 0~100 cm 土层均有一定的下降。PN 处理 0~100 cm 土层红壤溶液 N 素含量也有类似变化, 然红壤溶液 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量在 60 cm 土层处大幅增加(增幅高达 137.8%)的同时却在 40 cm 土层处降低。这主要与肥料的特性、降水等有关。本研究所用包膜尿素的释放期为 90 天, 此时距包膜 N 肥施用时间为 59 天, 包膜尿素仍在缓慢释放 N 素, 虽受强降水的影响而向较深层(60 cm)土体迁移, 但土壤耕层(0~40 cm)仍保

持较高含量的 N 素。而普通尿素中的 N 素在基本释放完全的基础上, 极易随强降水向较深层土体迁移, 这体现在 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 上则更显著, 即导致本研究 PN 处理 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量在 60 cm 土层处大幅增加的同时却在 40 cm 土层处降低(图 2 和表 1)。

由图 1~3 也可看出, 20 cm 土层处红壤溶液 N 素含量均以 BN 处理最高, TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的含量分别为 18.33、0.87 和 16.52 mg/L, 分别为 PN 处理的 8.7、5.4 和 9.0 倍; 40 cm 土层处 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量也以 BN 处理最高, 都为 PN 处理的 1.8 倍, 但 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量两尿素处理相当; 60 cm 土层处 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量则以 PN 处理最高, 分别为 31.12 和 30.60 mg/L, 分别较 BN 处理增加 23.3% 和 22.8%; 100 cm 土层处 N 素及 60 cm 处 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量两尿素处理基本相当。差异分析表明, PN 和 BN 处理 N 素含量差异在 20 和 40 cm 两土层处均达到显著水平, 且 20 cm 土层处红壤溶液 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量差异两尿素处理间达到极显著水平(表 1)。可见, 包膜尿素在红壤旱地发挥了其养分释放缓慢后效长的优势, 仍能维持花期 0~40 cm 土层较高的 N 素营养, 以供花生的生殖生长; 同时, 也可降低 60 cm 土层处红壤溶液中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量, 可在一定程度上降低尿素 N 肥对地下水质的威胁。这和张庆利等^[9]通过室内对包膜控释肥和常用 N 肥土柱模拟 N 素养分的结果相似。

2.2.3 收获期 包膜尿素施入红壤旱地 94 天, 0~100 cm 土层红壤溶液 TN 含量均高于苗期, 20、40 和 100 cm 土层处 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量基本相同并高于苗期相应层次, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量 0~40 cm 土层低于苗期而 60~100 cm 土层远高于苗期。由图 1~3 也可知, BN 和 PN 处理在 20 cm 和 100 cm 土层处红壤溶液 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量均相当, 而 40 cm 和 60 cm 土层处红壤溶液 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量均以 BN 处理最高, 其中 BN 处理在 40 cm 土层处 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量分别为 PN 处理的 3.5 和 4.1 倍, 60 cm 土层处的分别为 PN 处理的 2.3 和 2.2 倍。

表 1 不同 N 肥处理下 20 和 40 cm 土层处 N 素含量 (mg/L) 及其差异显著性检验

Table 1 Duncan tests and nitrogen mass concentrations for 20cm and 40cm red soil depths under different nitrogen fertilizer treatments

处理	TN		$\text{NH}_4^+\text{-N}$		$\text{NO}_3^-\text{-N}$	
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm
CK	5.92 Ab	6.26 Bb	0.11 Ab	0.11 Bb	5.52 Bb	5.88 Bb
BN	10.28 Ab	18.21 ABb	0.16 Ab	0.42 ABb	7.57 Bb	17.35 ABb
PN	18.33 Aa	31.22 Aa	0.87 Aa	0.60 Aa	16.52 Aa	30.36 Aa

注: 表中同列不同小写字母表示邓肯比较差异在 $p<0.05$ 水平显著, 不同大写字母表示差异在 $p<0.01$ 水平显著。

就红壤溶液 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量而言, 0 ~ 100 cm 土层 BN 处理均不同程度高于 PN 处理, 尤以 60 cm 和 100 cm 土层处明显, 分别为 PN 处理的 8.4 和 1.8 倍。这与王小明等^[26]在潮土上施用控释 N 肥后的结果类似。造成本研究包膜尿素处理 40 ~ 100 cm 土层红壤溶液中 N 素含量较高的可能原因在于包膜尿素用量、降水及花生吸收 N 营养的特性。花生为豆科植物, 其本身具有一定的固 N 能力, 当控释 N 肥一次施用量较大时, 虽然能达到控释的效果, 却造成部分 N 素在土壤中盈余。收获期的强降雨, 将盈余在土壤中的肥料 N 大量向下淋失, 造成本研究包膜尿素处理在 60 ~ 100 cm 土层红壤溶液 N 素含量较高。故本地区施用包膜尿素种植花生时, 肥料施用量需进行科学推荐。

3 讨论

缓/控释肥养分释放特性与作物吸收的匹配性, 直接关系到肥效的高低及养分在土体的分布^[16-17], 因其具有养分控制释放的功能, 故其在理论上可以通过一次施肥达到与作物养分吸收同步。日本在水稻上的研究十分成功, N 肥利用率很高而且稳定^[27], 但在旱地栽培条件下, 受多种环境因子影响, 缓/控释肥的应用效果还没有定论^[14,22]。此外, 豆科作物本身具有固 N 作用, 对土壤 N 素的吸收较少, 故国内外对控释肥在花生上的研究相对较少^[19,28]。本研究, 花生苗期 40 cm 深度土壤溶液较低, TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的含量仅为普通尿素处理的 54.5%、66.3% 和 51.0%; 花生收获期, 控释尿素处理 40 cm 土层处 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量分别为普通尿素处理的 3.5 和 4.1 倍, 60 cm 土层处的分别为普通尿素处理的 2.3 和 2.2 倍; 60 cm 和 100 cm 土层处, 控释尿素处理的红壤溶液 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量分别为普通尿素处理的 8.4 和 1.8 倍。可见, 本研究区红壤旱地上一次性基施包膜尿素 N 150 g/hm² 种植花生时, 包膜尿素养分的释放与花生对 N 营养的吸收相配性较差, 仍待进一步调整施肥量。

4 结论

(1) 对照处理 0 ~ 100 cm 土层红壤 N 素含量变化不大, 而普通尿素和包膜尿素处理 0 ~ 60 cm 土层 N 素变化较大, 尤以花期最明显。花期, 20 cm 土层处红壤溶液 N 素含量均以包膜尿素处理最高, TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的含量分别为普通尿素处理的 8.7、5.4 和 9.0 倍; 40 cm 土层处 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量也以包膜尿素处理最高, 都为普通尿素处理的 1.8 倍, 但 $\text{NH}_4^+\text{-N}$

含量两尿素处理相当; 60 cm 土层处 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量则以普通尿素处理最高, 分别为 31.12 和 30.60 mg/L, 分别较包膜尿素处理增加 23.3% 和 22.8%。差异分析表明, 普通尿素处理和包膜尿素处理 N 素含量差异在 20 和 40 cm 两土层处均达到显著水平。

(2) 就不同土壤深度而言, 20 cm 土层处红壤溶液 N 素花生整个生育期均以包膜尿素处理最高, 40 cm 土层处苗期以普通尿素处理最高而花期和收获期均以包膜尿素处理最高, 60 cm 土层处苗期包膜尿素处理和普通尿素处理相当, 花期以普通尿素处理最高而收获期则以包膜尿素处理最高; 100 cm 土层处整个生育期包膜尿素处理和普通尿素处理均相当。可见, 包膜尿素能较长时间维持耕层 (0 ~ 40 cm) 土壤溶液较高的 N 素含量, 减少 N 素向红壤较深层 (60 cm) 迁移。

参考文献:

- [1] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策. 土壤与环境, 2000(9): 1-16
- [2] 王国强, 周静, 崔键, 刘方平, 梁举, 李辉信. 不同水肥组合对红壤地区早稻产量及氮肥利用率的影响. 土壤, 2008, 40(3): 392-398
- [3] 宋付鹏, 张民, 史衍玺. 控释氮肥的氮素释放特征及其对水稻的增长效应. 土壤学报, 2005, 42(4): 619-627
- [4] 杜昌文, 周健民. 控释肥料的研制及其进展. 土壤, 2002, 34(3): 127-133
- [5] 张福珠, 熊先哲, 戴同顺, 韩淑华. 应用 ¹⁵N 研究土壤-植物系统中氮素淋失动态. 环境科学, 1984, 5(1): 22-24
- [6] 张玉良. 农业化学和生物圈. 北京: 中国环境科学出版社, 1987, 151-175
- [7] Shangvir A, Mikkelsen RL. Controlled release fertilizers efficiency of nutrients and minimize environmental degradation. Fert. Res., 1993, 35: 1-121
- [8] Bergstrom L, Johansson R. Leaching of nitrate from monolith lysimeters of different types of agricultural soils. Journal Environmental Quality, 1991, 20: 801-807
- [9] 张庆利, 张民, 田维彬. 包膜控释和常用氮肥氮素淋溶特征及其对土水质量的影响. 土壤与环境, 2001, 10(2): 98-103
- [10] Celia MA, Bouloutas ET, Zarba RL. A general mass conservative numerical solution for the unsaturated flow equation. Water Resources Research, 1990, 26(7): 1 483-1 496
- [11] 孙磊. 控释氮肥在水稻上的应用效果研究. 作物杂志, 2009(2): 76-78
- [12] 陈国平, 曹林奎, 陆贻通, 张大弟. 稻田氮素流失规律测坑研

- 究. 上海交通大学学报(农业科学版), 2003, 21(4): 320-324
- [13] 王小治, 尹微琴, 蔡玉琪, 封克, 朱建国. 施用不同尿素对稻季不同层次土壤溶液中氮形态的影响. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1 516-1 521
- [14] 杨俊刚, 曹兵, 徐秋明, 刘宝存. 包膜控释肥料在旱地农田的应用研究进展与展望. 土壤通报, 2010, 41(1): 494-500
- [15] Shoji S, Delgado J, Mosier A, Miura Y. Use of controlled release fertilizers and nitrification inhibitors to increase nitrogen use efficiency and to conserve air and water quality. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*, 2001, 32(7-8): 1 051-1 070
- [16] Sheehya JE, Mitchellb PK, Kirkc GJD. Can smarter nitrogen fertilizers be designed? Matching nitrogen supply to crop requirements at high yields using a simple model. *Field Crops Research*, 2005, 94: 54-66
- [17] 刑维芹, 王林权, 李立平, 李生秀. 半干旱区玉米水肥空间耦合效应: II. 土壤水分和速效氮的动态分布. 土壤, 2003, 35(3): 242-247
- [18] 罗小三, 仓龙, 郝秀珍, 李连锁, 周东美. 原位土壤溶液采样及可溶性有机碳(DOC)的紫外吸收光谱直接测定探讨. 土壤, 2007, 39(6): 943-947
- [19] 王朝辉, 李生秀, 王西娜, 苏涛. 旱地土壤硝态氮残留淋溶及影响因素研究. 土壤, 2006, 38(6): 676-681
- [20] 赵炳梓, 张佳宝. 黄淮海平原集约化种植条件下的土壤剖面硝态氮变化. 土壤, 2007, 39(5): 760-765
- [21] Saffigna PG, Keeney DR. Nitrogen and chloride uptake by irrigated Russet Burbank potatoes. *Agron. J.*, 1997, 69: 258-264
- [22] 张云, 张胜, 刘长礼, 侯宏冰. 田间施肥引起浅层土壤中氮的蓄积试验分析. 土壤, 2006, 38(1): 92-98
- [23] 金雪霞, 范晓晖, 蔡贵信. 菜地土氮素的主要转化过程及其损失. 土壤, 2005, 37(5): 492-499
- [24] 周静, 崔键, 王国强, 何园球, 马友华. 春秋旱地红壤旱地氮挥发对氮施用量、气象因子的响应. 土壤学报, 2007, 44(3): 499-507
- [25] 邓建才, 陈效民, 柯用春, 蒋欣, 鲁信. 土壤水分对土壤中硝态氮水平运移的影响. 中国环境科学, 2004, 24(3): 280-284
- [26] 王小明, 谢迎新, 张亚楠, 朱云集, 颜晓元. 新型肥料施用对玉米季土壤硝态氮累积的影响. 水土保持学报, 2009, 23(5): 232-236
- [27] Horie T, Shiraiwa T, Homma K, Katsura K, Maeda Y, Yoshida H. Can yields of lowland rice resumes the increases that they showed in the 1980s. 2004 New directions for a diverse planet. *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, 26 Sep-1 Oct 2004, Brisbane, Australia. Published on CDROM. Web site: www.cropscience.org.au
- [28] 栗晓万, 杜建军, 贾振宁, 黄承和, 王浩. 缓/控释肥的研究应用现状. 中国农学通报, 2007, 23(12): 234-238

Effects of Resin Coated Urea on Nitrogen Vertical Migration in Red Soil Dryland

WANG Xia¹, CUI Jian^{2,3}, ZHOU Jing³

(1 *Nanjing Institute of Environment Science, Environmental Protection Ministry, Nanjing 210042, China;* 2 *College of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China;* 3 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)

Abstract: Based on an *in situ* peanut field experiment, the vertical migration of solution nitrogen in red soil dryland was studied under the application of resin coated urea as a basic fertilizer. The results showed that at 0-100cm depth, the concentration of NO₃⁻-N was the highest in various N-forms, particularly in the treatment of resin coated urea applied (BN treatment). The variation of nitrogen concentration at 0-100 cm was smaller under CK treatment (no nitrogen fertilizer used), but were greater at 0-60 cm under BN treatment and PN treatment (routine urea applied), especially at the florescence stage. Compared with PN treatment, BN treatment kept a higher nitrogen supply capacity for a longer time at cultivated horizon (0-40cm) and reduced nitrogen downward migration. However, when resin coated urea was applied as base fertilizer with an amount of N 150 kg/hm² in red soil dryland, a weak-assorted relation occurred between nitrogen release of resin coated urea and nitrogen absorption of peanut, thus the application amount of resin coated urea still needs to be adjusted.

Key words: Resin coated urea, Red soil upland, Soil solution, Soil nitrogen, Vertical migration