

长期种植苜蓿对土壤氮素营养的作用*

刘晓宏 郝明德

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 兰州 730000)

摘要 13年长期施肥和轮作试验结果表明,连续种植苜蓿时N肥、P肥、有机肥的配合施用(NPM)较单施P肥对提高土壤硝态氮(NO_3^- -N)含量水平有较好效果;而无论施肥与否,种植苜蓿对土壤深层 NO_3^- -N均造成不同程度的亏缺。苜蓿(NPM)连作较小麦(NPM)连作土壤 NO_3^- -N利用率高;种植苜蓿对土壤铵态氮(NH_4^+ -N)分布影响与 NO_3^- -N不同,深层土壤CK、NPM配施处理 NH_4^+ -N含量明显高于施P和裸地处理,不同作物种植系统中以苜蓿连作土壤剖面中 NH_4^+ -N含量最高。与其他轮作相比,苜蓿连作在提高土壤剖面供N能力方面有较好作用。

关键词 长期施肥 苜蓿 硝态氮 铵态氮 矿化势

Effects of long-term plant *Medicago sativa* Linn. on soil nitrogen nutrient. LIU Xiao-Hong, HAO Ming-De (Cold and Arid Regions Environment and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000), *CJEA*, 2001, 9(2): 82~84

Abstract The results of 13 years long-term fertilization and rotation test show that the application of nitrogenous fertilizer, phosphate fertilizer and organic fertilizer in combination (NPM) can enhance the content of nitrate-N more effectively than that of application of only phosphate fertilizer. There is a deficiency of nitrate-N in deeper soil layer after a longer time of planting *Medicago sativa* Linn. and a higher utilization ratio of nitrate-N of planting *Medicago sativa* Linn. than that of winter wheat. Among all treatments, the ammonium-N of planted *Medicago sativa* Linn. is the highest than that of other crops, and also the ammonium of CK and NPM are higher than that of P and the bareness disposal. Compared to other rotation systems, *Medicago sativa* Linn. has better effect than others on improving the level of organic-N mineral potential.

Key words Long-term fertilization, *Medicago sativa* Linn., Nitrate-N, Ammonium-N, Mineral Potential

种植豆科作物和施用厩肥是作物N素供应的主要途径,随着化肥特别是N肥施用量的增加,土壤N素营养供应转移到N肥的施用,但N肥利用率非常低,淋失严重,对土壤、水体、生态环境造成很大破坏。苜蓿作为多年生牧草能在土壤中积累大量有机质,改善土壤物理、化学性状,且可固定空气中的游离N素。长期以来种植牧草和粮-牧轮作在粮食生产和提高土壤肥力方面起了很大作用。本文分析了13年苜蓿连作和粮-牧轮作对土壤N素营养的影响,为合理种植牧草及轮作提供理论依据。

1 试验设计与方法

试验于1984年在陕西省长武县西十里铺村南1km处未进行灌溉的旱作农耕地上进行,供试土壤为黑垆土,土壤有机质为10.5g/kg,全N 0.6g/kg,碱解氮37.0mg/kg,速效磷2.0mg/kg,大部分土壤贫N少P, K素丰富。试验区年均气温9.1℃, $\geq 0^\circ\text{C}$ 年活动积温3866℃,年均降雨量584.1mm。试验设苜蓿连作施肥(CK、P、NPM),小麦连作施肥(NPM),玉米连作施肥(NPM),粮饲轮作(玉米-小麦+糜子)施肥(NPM),粮豆轮作(豌豆-小麦-麦+糜子)施肥(NPM)和裸地(不种作物不施肥,仅定期松土、除草)几个处理。所有处理N肥(尿素)施用量为纯N120kg/hm², P₂O₅(过磷酸钙)施用量60kg/hm²,厩肥M施用量75t/hm²,3次重复。于1997年播种,施肥前采集各处理0~400cm土样,每20cm为1层次,风干过2mm筛备用,耕层土壤的有机氮矿化培养采用Stanford G.等^[1]好气培养间歇淋洗法,耕层下土壤依据George stanford^[2]提出的方法进行。土壤淋洗液中 NO_3^- -N、 NH_4^+ -N测定用连续流动分析仪,其余测定用常规分析法。

2 结果与分析

2.1 土壤剖面 NO_3^- -N分布

* 国家自然科学基金重大项目(49890330)资助

收稿日期:1999-12-21 改回日期:2000-03-06

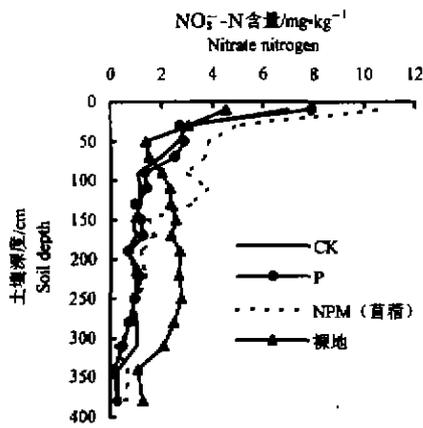


图 1 苜蓿长期不同施肥土壤剖面 NO_3^- -N 分布
Fig. 1 Distribution of NO_3^- -N in soil profile of *Medicago sativa* land under different fertilizer applications

苜蓿作为黄土高原旱区的 1 种主要牧草作物,对提高牧草产量和畜牧业的发展起了一定作用。与对照(CK)、施 P 肥相比,NPM 配合施用提高了上层土壤(土层深度 $<150\text{cm}$)的 NO_3^- -N 含量(见图 1),表明 NPM 配施可提高苜蓿产量和土壤有效氮含量。在深层 P、CK 处理 70cm 以下、NPM 处理 140cm 以下土壤 NO_3^- -N 含量低于裸地,表明作物根系吸收使土壤 NO_3^- -N 处于亏缺状态。 NO_3^- -N 分布出现深层差异的主要原因是由于 CK、P 处理土壤中 N 素的供应,仅限于土壤中原有的 N 素养分(较少),而苜蓿属多年生牧草其根系可达 4.0m,对深层养分吸收作用较强,但对土壤中 N 的补充有限,仅来源于作物根系的腐烂及微生物分泌物等少量 N 源,故造成深层土壤 NO_3^- -N 含量的减少。由图 2 可知,苜蓿、小麦、玉米连作(均为 NPM 配施)处理 140cm 以上土体中 NO_3^- -N 含量均大于裸地含量,在施肥种类和施肥量相同情况下小麦连作在土壤剖面有明显累积峰出现,而苜蓿连作则没有,表明苜蓿对土壤中 NO_3^- -N 的利用率高于小麦,而与玉米的利用率差异不大。

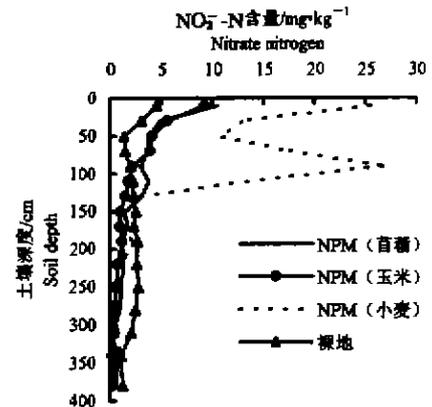


图 2 种植不同作物(NPM)土壤剖面 NO_3^- -N 分布
Fig. 2 Distribution of NO_3^- -N in soil profile under planting different crops

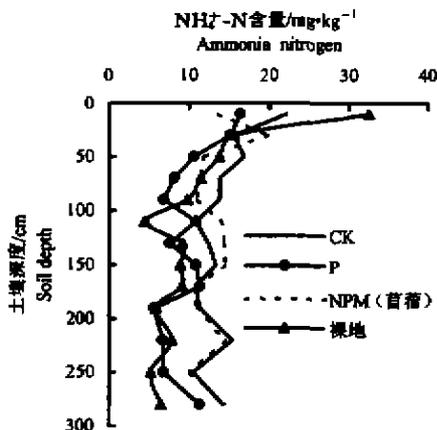


图 3 苜蓿不同施肥土壤剖面 NH_4^+ -N 分布
Fig. 3. Distribution of NH_4^+ -N in soil profile of *Medicago sativa* land under different fertilizer applications

2.2 土壤剖面 NH_4^+ -N 分布
土壤剖面 NH_4^+ -N 含量的变化与 NO_3^- -N 相反(见图 3),80cm 以上土层各处理 NH_4^+ -N 含量与裸地相比差异不大,80cm 以下土层 CK 和施 NPM 处理剖面 NH_4^+ -N 含量高于裸地和施 P 处理,而这种差异在 160cm 以下土层更明显。 NH_4^+ -N 分布出现差异的原因一是与肥料投入不同和作物吸收携出的养分量有关,二是与作物残留于土壤中根系腐解特征及产物有关。NPM 配施处理投入土壤养分量大,促进了作物生长,生物量随之增加,从土壤中携出养分量也较多;而对照未施肥,作物生长差,从土壤中携出养分量也少。 NH_4^+ -N 出现深层差异的原因(裸地与 P 处理,NPM 与 CK 处理)尚有待于从养分的平衡方面进一步探讨。由图 4 可知种植不同作物后土壤 NH_4^+ -N 含量变化 50cm 以上土层各处理间差异不大,但深层土壤 NH_4^+ -N 含量明显,苜蓿连作 NH_4^+ -N 含量明显高于其他处理,玉米连作含量最小,小麦、粮豆轮作、粮饲轮作含量差异不大,表明苜蓿连作提高土壤 NH_4^+ -N 含量作用优于其他作物。

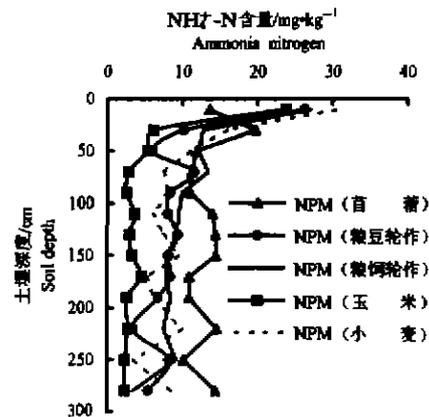


图 4 不同作物(NPM)土壤剖面 NH_4^+ -N 分布
Fig. 4 Distribution of NH_4^+ -N in soil profile under planting different crops

2.3 土壤剖面矿化势变化

苜蓿连作 NPM 配施处理矿化势在整个土壤剖面均明显高于其他处理,表明 NPM 配施对提高土壤矿化势有明显作用。所有处理(CK、P、NPM)土壤剖面矿化潜力在 0~20cm 土层表现明显高于裸地处理,但裸地处理在 40~100cm 土层表现高于施 P 和 CK 处理;而 100cm 以下土层 CK 和施 P 处理高于裸地处理。20cm 耕层 NPM、CK、P 处理的矿化势均高于裸地,主要由于作物根系分泌物和残渣留在土壤中,增加了土壤有机质,且上层土壤根系生长量较大,积累的残渣有机质较多,故其矿化势较大;而 20~100cm 土层出现的差异

则可能是因作物吸收养分的绝大部分在此层,且此层有机氮较深层有机氮易于被分解吸收和利用,而CK、P处理有机氮的补充小于NPM处理,故出现裸地矿化势高于CK、P处理而小于NPM处理。苜蓿作为多年生牧草作物对深层土壤有机氮有所消耗,但其补充量大于消耗量,其矿化势有所增加。

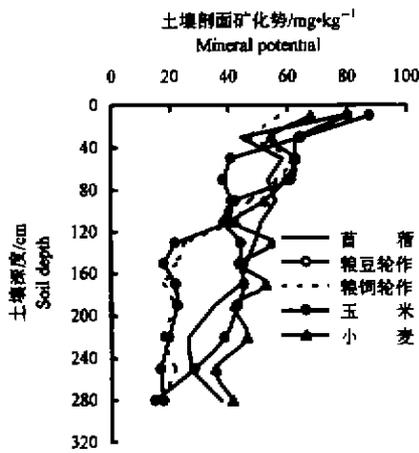


图6 不同作物(NPM)土壤剖面矿化势分布
Fig. 6 Distribution of mineral potential in soil profile of different crops

苜蓿连作(NPM)与种植其他作物土壤剖面矿化势比较可知(见图5~6),以120cm土层为界,上层土壤处理间矿化势差异不大,下层土壤矿化势差异较大。苜蓿、小麦、粮豆(豌豆)轮作矿化势较高,且明显高于玉米和粮饲轮作,表明苜蓿对土壤剖面矿化潜力的提高有较好作用。

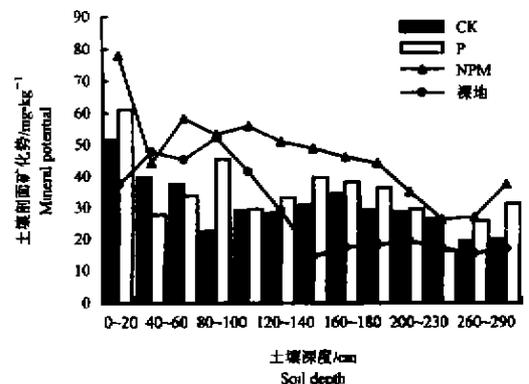


图5 苜蓿不同施肥土壤剖面矿化势的分布
Fig. 5 Distribution of mineral potential in soil profile of Medicago sativa land under different fertilizer applications

3 小结与讨论

土壤中NO₃⁻-N和NH₄⁺-N含量一方面取决于当季施肥量,另一方面与土壤有机质的累积和分解有关。耕层土壤有效氮源自施肥和有机氮的分解,而深层土壤则主要由作物根系的累积和分解决定。苜蓿的根系较深,可达4m,故其吸收的水分和养分较其他农作物高1倍,如苜蓿地上部分积累的营养物质比小麦高83.9%~100.6%,地下部分在耕层中积累的腐殖质比农作物高49.2%~104.3%。不同轮作制中苜蓿和豌豆是提高土壤腐殖质的主要作物,且苜蓿地土壤微生物活动强烈。种植豌豆对土壤N素营养有明显的改善作用,其土壤有机氮易于矿化,且矿化量高,矿化速度快,说明粮-豆轮作对土壤矿化势的提高有利。土壤剖面中NO₃⁻-N和NH₄⁺-N含量出现的变异,一方面可能与作物对养分的选择吸收特性有关,另一方面因为作物深层根系在腐解过程中产生的一些有机酸类等物质,可引起土壤微环境变化(如pH、分解后矿质氮的形态等)。因作物在不同环境下对养分的选择吸收性有所改变,从而导致作物对不同形态养分吸收能力的变化。土壤剖面矿化势出现差异主要由于不同作物根系组成和生物量不同,腐解进入土壤养分含量不同,导致供N能力的不同。其具体差异原因尚有待于对不同作物根系组成及分解过程的物理、化学性状进一步深入研究。13年长期施肥和轮作试验结果表明,连续种植苜蓿时N肥、P肥和有机肥配合施用较单施P肥对提高土壤NO₃⁻-N含量水平有较好效果。无论施肥与否,种植苜蓿对土壤深层NO₃⁻-N造成不同程度的亏缺,尤其在140cm以下土层表现更甚,表明苜蓿深层根系对深层土壤N素的吸收大于根系腐烂及分解对土壤N素的补充。苜蓿连作土壤剖面NO₃⁻-N含量明显低于小麦连作,且无NO₃⁻-N累积峰出现,说明苜蓿(NPM)连作较小麦连作(NPM)土壤NO₃⁻-N利用率高。种植苜蓿对土壤NH₄⁺-N分布影响与NO₃⁻-N不同,深层土壤CK、NPM处理NH₄⁺-N含量明显高于施P和裸地处理,而160cm以下土层这种差异更加明显。NPM配合施用下苜蓿连作土壤剖面中NH₄⁺-N含量最高,玉米连作含量最低,即种植苜蓿后土壤剖面的NH₄⁺-N含量较种植其他作物得以提高。NPM配施土壤供N能力较单施P肥有明显提高,与其他轮作系统相比,苜蓿连作(NPM)对提高土壤剖面供N能力有较好作用。

参 考 文 献

- 1 Stanford G., Smith S. J. Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil science soc. Amer. Proc., 1972, 36:465~472
- 2 George stanford, Carter J. N. Estimates of potentially minerzbilizable soil nitrogen based on short-term incubations. Soil science soc. Amer. Proc., 1974, 38:686