

ISSN 0564-3929

Acta Pedologica Sinica 土壤学报

Turang Xuebao



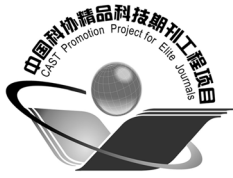
中国土壤学会
科学出版社

主办
出版

2015

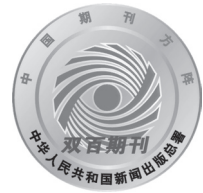
第52卷 第4期

Vol.52 No.4



土壤学报

(Turang Xuebao)



第 52 卷 第 4 期 2015 年 7 月

目 次

综述与评论

亚硝酸盐型甲烷厌氧氧化微生物生态学研究进展····· 沈李东 (713)

土壤科学与现代农业

近30年江西省耕地土壤全氮含量时空变化特征····· 赵小敏 邵 华 石庆华等 (723)

北京市土壤重金属潜在风险预警管理研究····· 蒋红群 王彬武 刘晓娜等 (731)

秸秆深还对土壤团聚体中胡敏酸结构特征的影响····· 朱 姝 窦 森 陈丽珍 (747)

生物炭添加对酸化土壤中小白菜氮素利用的影响····· 俞映惊 薛利红 杨林章等 (759)

水肥对高产无性系油茶果实产量的影响····· 张文元 郭晓敏 涂淑萍等 (768)

研究论文

基于VRML的土壤电导率三维空间变异性虚拟现实建模研究····· 李洪义 顾呈剑 但承龙等 (776)

不同样点数量对土壤有机质空间变异表达的影响····· 海 南 赵永存 田 康等 (783)

基于稳定同位素的土壤水分运动特征····· 靳宇蓉 鲁克新 李 鹏等 (792)

中国玉米区域氮磷钾肥推荐用量及肥料配方研究····· 吴良泉 武 良 崔振岭等 (802)

不同施肥方式下滩涂围垦农田土壤有机碳及团聚体有机碳的分布····· 候晓静 杨劲松 王相平等 (818)

长期施肥对浙江稻田土壤团聚体及其有机碳分布的影响····· 毛霞丽 陆扣萍 何丽芝等 (828)

不同时期施用生物炭对稻田N₂O和CH₄排放的影响····· 李 露 周自强 潘晓健等 (839)

秸秆生物炭对潮土作物产量和土壤性状的影响····· 刘 园 M. Jamal Khan 靳海洋等 (849)

单一电解质体系下恒电荷土壤胶体扩散双电层中滑动层厚度的计算····· 丁武泉 朱启红 王 磊等 (859)

化工厂遗留地铬污染土壤化学淋洗修复研究····· 李世业 成杰民 (869)

离子型稀土矿尾砂地植被恢复障碍因子研究····· 刘文深 刘 畅 王志威等 (879)

辽东与山东半岛土壤中有机氯农药残留特征研究····· 朱英月 刘全永 李 贺等 (888)

长期冬种绿肥改变红壤稻田土壤微生物生物量特性····· 高嵩涓 曹卫东 白金顺等 (902)

豆科间作对番茄产量、土壤养分及酶活性的影响····· 代会会 胡雪峰 曹明阳等 (911)

研究简报

蚕豆根系分泌物中氨基酸含量与枯萎病的关系····· 董 艳 董 坤 汤 利等 (919)

小麦与蚕豆间作对根际真菌代谢功能多样性的影响····· 胡国彬 董 坤 董 艳等 (926)

不同年限毛竹林土壤固氮菌群落结构和丰度的演变····· 何冬华 沈秋兰 徐秋芳等 (934)

长期不同施肥模式下砂姜黑土的固碳效应分析····· 李 玮 孔令聪 张存岭等 (943)

果园生草对¹⁵N利用及土壤累积的影响····· 彭 玲 文 昭 安 欣等 (950)

封面图片: 离子型稀土矿废弃地全景 (由汤叶涛、刘文深提供)

DOI: 10.11766/trxb201409010440

果园生草对¹⁵N利用及土壤累积的影响*

彭玲 文昭 安欣 姜翰 姜远茂[†]

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

摘要 以 2 a 生红富士/平邑甜茶为试材, 采用¹⁵N同位素示踪技术, 研究了种植 3 种牧草 (白三叶、鼠茅草和黑麦草) 对苹果植株生长、氮素利用、损失及其在 0~60 cm 土层残留情况的影响。结果表明: 与单作苹果相比, 生草栽培后苹果植株总鲜重、新梢粗度、新梢长度及根冠比皆成增加的趋势; 苹果植株根长、根长密度及根表面积均以种植白三叶处理最大, 其次为种植鼠茅草, 最低的为单作苹果; 不同处理间氮素利用率差异显著, 种植白三叶后苹果植株氮素利用率最高, 种植鼠茅草次之, 单作苹果最低; 生草栽培后¹⁵N残留主要集中在 0~20 cm 土层, 且其¹⁵N残留量显著高于单作苹果。而在 20~40 cm 及 40~60 cm 土层¹⁵N残留量则以单作苹果最高, 种植黑麦草次之, 最低的为种植白三叶; 生草栽培后氮素损失率为单作苹果>种植黑麦草>种植鼠茅草>种植白三叶。表明种植白三叶、鼠茅草及黑麦草在促进苹果植株氮素利用的同时, 也一定程度上减弱了土壤氮素的损失。

关键词 苹果; 生草栽培; ¹⁵N-尿素

中图分类号 S661.1; S344.2 **文献标识码** A

果园生草是指在果园行间或全园种植多年生豆科或禾本科草作为覆盖的一种土壤管理模式^[1-2]。我国在生草栽培对果园小气候效应、土壤肥力、水分和结构及生草对果树生长发育与产量品质影响等方面进行了大量的研究, 肯定了果园生草栽培的正面效应^[1]。作为优良的果园土壤管理模式, 生草栽培具有减少水土流失^[3-4]、提高土壤肥力^[5-7], 促进果树生长发育^[8]、改善果实品质^[9-10]及调节果园微域生态环境^[11]等优点, 是近些年来我国发展较快的一种农林复合系统。

作为果树生长发育必需矿质元素中的核心元素^[12], 氮素在果树的营养生长和生殖生长及果实产量形成和品质提高^[13]等方面发挥着重要作用。施用氮肥可以获得明显的增产效果, 但氮肥施入土壤后其利用率仅为 30%~50%^[14], 过量氮素通过氨挥发^[15]、硝化反硝化^[16]、淋溶和径流^[17]等方式从土壤-作物生态系统中损失, 不仅造成氮肥利用率显著降低, 而且加重了周边水体环境的富营养化污染程度^[18]。因此, 研究如何减少氮素损

失, 提高氮肥利用率对指导果园合理施肥及减轻果园生态环境负效应具有重要意义。

目前, 关于果园生草栽培对土肥水保持、果树生长发育与果品品质的积极影响等方面已有大量报道, 但对果园生草复合体系中氮素的残留、损失及淋失动态尚未见报道。本研究通过设置白三叶、鼠茅草及黑麦草栽培试验, 采用¹⁵N示踪技术, 研究了生草栽培后氮素的利用、损失及其在不同土层残留情况, 以期为进一步优化果园生草复合系统中氮素管理及加快果园生草技术的推广提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与设 计

试验于 2012 年 10 月—2013 年 9 月在山东省泰安市黄家庄实验基地进行。试验点属温带大陆性半湿润季风气候区, 年均气温为 12.9℃, 年无霜期约 196 d, 年平均降水量 667 mm, 降水主要集中在 6 月—9 月。供试土壤为砂质壤土, 表层 0~20

* 现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-28) 与公益性行业 (农业) 科研专项 (201103003) 共同资助

[†] 通讯作者, E-mail: ymjiaang@sdau.edu.cn

作者简介: 彭玲 (1988—), 女, 山东滨州人, 硕士, 主要从事苹果生理生态研究。E-mail: zhushipink@163.com

收稿日期: 2014-09-01; 收到修改稿日期: 2015-01-15

cm 土层有机质 5.43 g kg⁻¹, 全氮 0.62 g kg⁻¹, 碱解氮 37.57 mg kg⁻¹, 有效磷 14.60 mg kg⁻¹, 速效钾 238.12 mg kg⁻¹, pH 7.61。0~20 cm、20~40 cm 和 40~60 cm 土层容重分别为 1.14、1.28 和 1.40 g cm⁻³。供试苹果幼苗为正常管理的 2 a 生红富士 (*M. domestica* Borkh cv. Red Fuji) / 平邑甜茶 (*Malus hupehensis* Rehd.), 供试生草草种为白三叶 (*Trifolium repens* Linn.)、鼠茅草 (*Vulpia myuros* C.) 和黑麦草 (*Lolium perenne* L.)。

田间小区试验: 小区面积 2 m², 各小区四周由宽 10 cm、深 70 cm 的水泥板隔开, 避免因地下淋溶侧渗和地表径流造成小区间氮肥相互流通。各小区 4 株苹果植株, 株行距 0.5 m × 1.0 m。设 4 个栽培处理: 单作苹果、种植白三叶、种植黑麦草和种植鼠茅草, 各牧草于 2012 年 10 月 2 日种植。每个处理 6 次重复, 随机区组设计, 共 24 个小区。施肥处理于 2013 年 4 月 15 日进行, 施肥方法为距每株苹果植株中心干 15 cm 处挖两条长 40 cm、深 10 cm 和宽 10 cm 的条状沟, 在沟内均匀施¹⁵N-尿素 (上海化工研究院生产, 丰度 10.22%) 0.5 g, 同时施入普通尿素 10.87 g、过磷酸钙 31.25 g、硫酸钾 9.25 g, 撒施均匀后覆土, 施肥后立即浇水。各小区每 7 d 进行常规灌溉, 保证各小区土壤含水量在 20%~30% 之间, 试验期间保证各试验小区无杂草, 各处理生长条件和其他栽培管理保持一致。

1.2 测定方法及计算公式

于 2013 年 9 月 16 日 (秋梢停长期) 苹果植株停长时破坏性采样, 整株解析为根、主干、新梢、叶, 生物量以鲜重计。样品按清水→洗涤剂→清水→0.1% 盐酸→3 次去离子水顺序冲洗后, 105℃ 杀青 30 min, 随后 80℃ 烘干至恒重, 电磨粉碎后过 60 目筛, 混匀后装袋备用。苹果植株根系经清水冲洗后用 WinRHIZO 根系分析软件进行根总表面积、根系总长度及根长密度分析。另将 0~20 cm、20~40 cm 及 40~60 cm 土层取 5 钻土混合, 5 钻土的采集部位: 树干处一个、树干两侧的两个施肥带上各一个、两个施肥带外侧各一个, 风干, 过 60 目筛备用。采集土样的同时齐地面刈割 3 种草样, 每个样方面积为 20 cm × 20 cm, 每个小区按对角线采集 5 个样方, 5 个样方混合后作为一个重复。样品全氮用凯氏定氮法测定。¹⁵N 丰度用 ZHT-03 (北京分析仪器厂) 质谱计 (河北省农林科学院遗传生理研究所) 测定, 土壤容重采用环刀法测定。

Ndff (植株器官从肥料中吸收分配到的¹⁵N 量对该器官全氮量的贡献率, %) = (样品中¹⁵N 丰度 - ¹⁵N 自然丰度) × 100% / (肥料中¹⁵N 丰度 - ¹⁵N 自然丰度); 氮肥利用率 = [Ndff × 器官全氮量 (g)] × 100% / 施肥量 (g); 土壤质量 (kg) = 土壤体积 (m³) × 土壤容重 (kg m³); 土层全氮量 (g) = 土壤质量 (kg) × 全氮 (g kg⁻¹); 0~60 cm 土层氮肥残留率 = Ndff × 土层全氮量 × 100% / 施肥量 (g); 不生草处理氮肥损失率 = 100% - (苹果植株氮肥利用率) - (0~60 cm 土层氮肥残留率); 生草处理氮肥损失率 = 100% - (苹果植株氮肥利用率) - (牧草氮肥利用率) - (0~60 cm 土层氮肥残留率)。

本试验所有数据均采用 Microsoft Excel 2003 进行图表绘制, 并利用 DPS 7.05 统计软件进行方差分析和 LSD 多重比较分析。

2 结 果

2.1 生草栽培对苹果植株生长的影响

由表 1 可知, 9 月中旬苹果植株总鲜重、新梢粗度及新梢长度从高到低均为种植白三叶 > 种植鼠茅草 > 种植黑麦草 > 单作苹果。种植白三叶、鼠茅草及黑麦草后苹果植株总鲜重分别为单作苹果的 1.10 倍、1.06 倍及 1.05 倍; 苹果植株新梢粗度及新梢长度以种植白三叶处理最大, 分别为 7.73 mm 和 97.33 cm, 分别是单作苹果的 1.06 倍和 1.09 倍; 与单作苹果相比, 种植白三叶、鼠茅草和黑麦草后苹果植株根冠比分别增加了 26.32%、15.79% 和 10.53%。表明白三叶、鼠茅草和黑麦草分别与苹果植株互作均有利于苹果植株全年的生长。

2.2 生草栽培对苹果植株根系生长的影响

由表 2 可见, 种植白三叶、鼠茅草和黑麦草后苹果植株总根长分别为 1 478、1 454 和 1 423 cm, 分别是单作苹果 (1 403 cm) 的 1.05 倍、1.04 倍和 1.01 倍; 与单作苹果相比, 种植白三叶、鼠茅草和黑麦草后苹果植株根长密度增幅分别为 23.62%、16.41% 和 8.84%; 苹果植株根表面积从高到低为种植白三叶 > 种植鼠茅草 > 种植黑麦草 > 单作苹果, 种植白三叶、鼠茅草和黑麦草后苹果植株根表面积分别较单作苹果高 17.27%、12.52% 和 6.88%。表明在生草栽培条件下有更多的同化产物分配到苹果根系, 有利于苹果根系的生长。

表1 不同处理苹果植株生长量

Table 1 Growth of apple trees relative to treatment

| 处理 Treatments | 总鲜重 Fresh weight (g) | 新梢粗度 Shoot thickness (mm) | 新梢长度 Shoot length (cm) | 根冠比 Root-shoot ratio |
|---|----------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 单作苹果 Apple only | 179.1 ± 13.1b | 7.28 ± 0.17c | 89.7 ± 2.4b | 0.38 ± 0.01c |
| 种植白三叶 Interplanted with <i>Trifolium repens</i> Linn. | 196.3 ± 18.1a | 7.73 ± 0.24a | 97.3 ± 6.2a | 0.48 ± 0.02a |
| 种植鼠茅草 Interplanted with <i>Vulpia myuros</i> C. | 190.5 ± 16.3ab | 7.63 ± 0.22ab | 94.7 ± 4.3ab | 0.44 ± 0.01b |
| 种植黑麦草 Interplanted with <i>Lolium perenne</i> L. | 188.2 ± 14.1ab | 7.40 ± 0.1bc | 92.0 ± 5.6ab | 0.42 ± 0.01b |

注: 表中数据为3次重复的平均值。同一列小写字母表示差异达0.05显著水平。下同 Note: The data in the table are means of three replicates. Values followed by a lowercase letter within the same column are significantly different at 0.05 levels. The same below

表2 不同处理苹果植株根长、根长密度和根表面积

Table 2 Root length, root length density and root surface area of apple trees relative to treatment

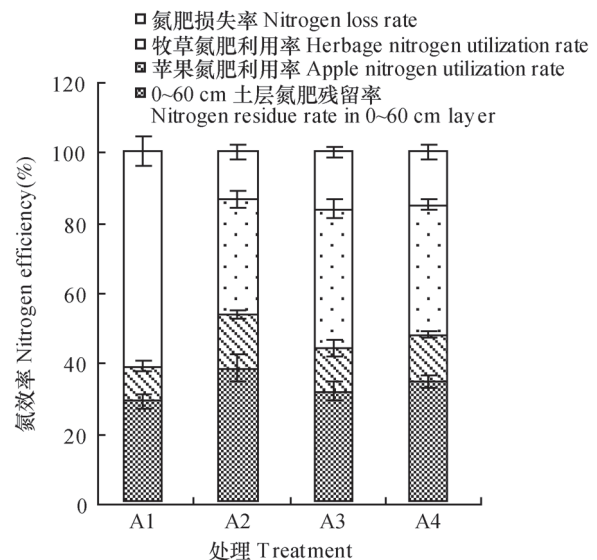
| 处理 Treatments | 根长 Length (cm) | 根长密度 Length density (cm cm ⁻³) | 根表面积 Surface area density (cm ²) |
|---|-------------------|--|--|
| 单作苹果 Apple only | 1 403 ± 53c | 61.3 ± 2.9c | 463.8 ± 19.5c |
| 种植白三叶 Interplanted with <i>Trifolium repens</i> Linn. | 1 478 ± 49a | 75.8 ± 4.2a | 543.9 ± 20.3a |
| 种植鼠茅草 Interplanted with <i>Vulpia myuros</i> C. | 1 454 ± 56ab | 71.4 ± 5.5ab | 521.8 ± 19.9b |
| 种植黑麦草 Interplanted with <i>Lolium perenne</i> L. | 1 423 ± 64bc | 66.8 ± 3.1bc | 495.7 ± 15.1bc |

2.3 生草栽培对氮效率的影响

由图1可知, 至苹果植株停长期, 与单作苹果相比, 种植白三叶、鼠茅草和黑麦草后苹果植株¹⁵N肥料利用率显著提高, 以种植白三叶后苹果植株¹⁵N肥料利用率最高, 为15.29%, 是单作苹果(10.03%)的1.52倍。表明生草栽培可以提高苹果整株的氮肥利用率。三种牧草¹⁵N肥料利用率从高到低为黑麦草>鼠茅草>白三叶, 黑麦草¹⁵N肥料利用率(40.03%)分别是鼠茅草(37.27%)和白三叶(33.23%)的1.07倍和1.20倍。

生草栽培和单作苹果处理间0~60 cm土层¹⁵N残留率差异显著, 生草栽培后土壤¹⁵N残留率显著高于单作苹果, 以种植白三叶后土壤¹⁵N残留率最高(37.95%), 较单作苹果(28.63%)高32.54%; 其次为种植鼠茅草处理(34.16%), 较单作苹果高19.30%; 种植黑麦草后土壤¹⁵N残留率在三种生草栽培中最低(31.32%), 相应地较单作苹果高9.38%。

生草栽培后残留在0~60 cm土层氮素残留量及苹果植株氮素当季利用率显著增高, 同时有相当一部分氮素被牧草吸收利用, 从而使生草栽培后氮素



注 Note: A1: 单作苹果 Apple only; A2: 种植白三叶: Interplanted with *Trifolium repens* Linn.; A3: 种植黑麦草 Interplanted with *Lolium perenne* L.; A4: 种植鼠茅草 Interplanted with *Vulpia myuros* C.

图1 不同处理氮素残留率、利用率及损失率

Fig. 1 Nitrogen residue rate, utilization rate and loss rate relative to treatment

损失率显著降低。单作苹果氮素损失率分别是种植白三叶、鼠茅草和黑麦草的4.53倍、4.04倍和3.76倍。说明生草栽培显著降低了氮素损失, 有一定的保肥作用, 以种植白三叶后保肥效果最好, 其次为鼠茅草, 保肥效果相对较差为黑麦草。

2.4 生草栽培对¹⁵N-尿素在0~60 cm土层累积的影响

从表3可见, 随土层深度的增加¹⁵N残留量逐渐降低, 但不同处理0~60 cm各土层¹⁵N残留量差异显著。在0~20 cm土层¹⁵N残留量依次为种植白三叶>种植鼠茅草>种植黑麦草>单作苹果。而在20~40 cm及40~60 cm土层则成相反的趋势, 单作苹果在20~40 cm土层¹⁵N残留量分别是种植白

三叶、鼠茅草和黑麦草各处理的1.62倍、1.40倍和1.24倍。在40~60 cm土层¹⁵N残留量也以单作苹果最高, 分别是种植白三叶、鼠茅草和黑麦草各处理的2.20倍、1.73倍和1.38倍。说明生草栽培后氮素主要累积在0~20 cm土层, 从而降低了氮素的深层淋溶损失, 有利于氮肥的保持。

生草栽培后0~60 cm土层¹⁵N总残留量显著高于单作苹果, 种植白三叶后土壤¹⁵N总残留量最高, 为87.28 mg, 较单作苹果(65.85 mg)高32.54%, 其次为种植鼠茅草处理(72.03 mg), 较单作苹果高19.30%。种植黑麦草后0~60 cm土层¹⁵N总残留量在三种生草处理间最低(72.03 mg), 较单作苹果高9.38%。

表3 不同处理各土层¹⁵N残留量

Table 3 Amount soil of residual ¹⁵N in various soil layers relative to treatment

| 处理 Treatments | 土壤深度 Soil depth (cm) | | | ¹⁵ N总残留量 Amount of residue in soil (mg) |
|--|-------------------------|--------------|-------------|--|
| | 0~20 | 20~40 | 40~60 | |
| 单作苹果Apple only | 27.5 ± 2.3d | 22.7 ± 2.5a | 15.7 ± 2.6a | 65.9 ± 4.5c |
| 种植白三叶Interplanted with <i>Trifolium repens</i> Linn. | 66.1 ± 5.6a | 14.0 ± 1.9c | 7.4 ± 0.7c | 87.3 ± 3.6a |
| 种植鼠茅草Interplanted with <i>Vulpia myuros</i> C. | 53.3 ± 4.4b | 16.2 ± 1.8bc | 9.1 ± 0.7bc | 78.6 ± 4.9b |
| 种植黑麦草Interplanted with <i>Lolium perenne</i> L. | 42.4 ± 3.6c | 18.3 ± 1.3b | 11.3 ± 1.7b | 72.0 ± 3.1bc |

3 讨论

许多大田作物研究表明, 未被当季作物利用的氮主要通过氮表观损失和残留在土壤中^[19-20]。在本试验条件果园生草复合体系中, 氮肥施入土壤后牧草利用率达33.23%~40.03%, 0~60 cm土层残留率达31.32%~37.95%, 苹果植株氮肥利用率在12.35%~15.29%。表明生草栽培后施入土壤中的氮肥主要被牧草吸收利用和残留在0~60 cm土层中, 通过气态损失(氨挥发、硝化和反硝化)、地面径流和渗漏等途径损失的氮肥较少。生草栽培后氮素主要累积在0~20 cm土层, 且其氮素残留量显著高于单作苹果。而在20~40 cm及40~60 cm土层其氮素残留量显著低于单作苹果, 且随土层的深度的增加差异越明显, 说明生草栽培减少了氮素的淋溶损失。同时生草栽培提高了苹果植株对氮素的调节能力, 促进了苹果植株对¹⁵N的吸收, 且相当一部分氮肥被牧草吸收利用, 从而有效减少了氮素的

损失, 起到一定的保肥作用, 使生草栽培后氮肥损失率远低于单作苹果, 而单作苹果氮素的主要损失途径还需进一步的研究。

根系形态参数对主要借扩散作用到达根表面养分有效性具有决定性的作用^[21]。根据本试验不同处理间根冠比及根系形态参数测定结果, 与单作苹果处理相比, 种植白三叶、鼠茅草和黑麦草后苹果植株根冠比、根长、根长密度及根表面积均显著增大。表明种植牧草促进了苹果植株根系的扩张, 有利于苹果植株根系的生长发育。综合本试验结果, 生草栽培促进了苹果植株根系的生长发育, 同时降低了土壤氮素的损失, 保障了苹果根系可以吸收到足够的氮素供植株生长, 从而提高了苹果植株氮肥利用率, 因而种植白三叶、鼠茅草和黑麦草均促进了苹果植株的营养生长, 这与陈凯等^[8]在柑桔园, 李登洵等^[22]及王延南^[23]等在苹果园的研究结果一致。

白三叶对苹果植株营养生长的促进作用最好,

这可能与白三叶为豆科牧草, 可通过根瘤固氮作用增加土壤中有效氮含量, 在减少对土壤氮素消耗的同时氮素的根际沉积可能为苹果植株提供一定的氮素, 从而促进了土壤氮素吸收, 最终提高苹果植株生物量; 鼠茅草6月中下旬开始倒伏, 降低了对苹果植株的竞争作用, 同时将大部分未被吸收利用的氮素保留在施肥层有效降低了氮素的损失, 其对苹果植株营养生长的促进作用仅次于白三叶; 三种牧草中黑麦草对氮素的利用率最大, 相对于白三叶和鼠茅草其对苹果植株的竞争作用较大, 因而其对苹果植株营养生长的促进作用最小。

4 结 论

随着苹果牧草之间互作, 种植牧草增加了苹果根长、根长密度及根表面积等根系形态参数。施入土壤中的氮肥主要被牧草吸收利用和残留在0~60 cm土层中, 有效减少了氮素的损失, 保障了苹果根系可以吸收到足够的氮素供植株生长, 从而提高了苹果植株氮肥利用率, 促进了苹果植株营养生长。以白三叶对苹果植株营养生长的促进作用最好, 其次为鼠茅草, 促进作用相对较弱的为黑麦草。

参 考 文 献

- [1] 寇建村, 杨文权, 韩明玉, 等. 我国果园生草研究进展. 草业科学, 2010, 27 (7) : 154—159. Kou J C, Yang W Q, Han M Y, et al. Research progress on interplanting grass in orchard in China (In Chinese). Prata Cultural Science, 2010, 27 (7) : 154—159
- [2] 黄炎和, 杨学震, 蒋芳市. 侵蚀坡地果园不同生草方式对土壤和果树生长的影响. 水土保持学报, 2007, 21 (2) : 111—114. Huang Y H, Yang X Z, Jiang F S. Effects of different ways of sod in eroded slope orchard on soil and fruit tree growth (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 2007, 21 (2) : 111—114
- [3] 徐明岗, 文石林, 高菊生. 红壤丘陵区不同种草模式的水土保持效果与生态环境效应. 水土保持学报, 2001, 15 (1) : 77—80. Xu M G, Wen S L, Gao J S. Effects of different forage planting model on soil and water conserti-on and environments in red hilly regions (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 2001, 15 (1) : 77—80
- [4] 李发林, 郑域茹, 郑涛, 等. 果园生草栽培水土保持效应研究进展. 中国农学通报, 2013, 29 (34) : 34—39. Li F L, Zheng Y R, Zheng T, et al. Research advances on soil and water conservation effect of pasture-planting in orchard (In Chinese). Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29 (34) : 34—39
- [5] Mikulas J. Controlled natural green cover in vineyard on sandy soil. Obstbau-Weinbau, 1996, 33: 7—8, 205—206
- [6] 李会科, 张广军, 赵政阳, 等. 黄土高原旱地苹果园生草对土壤养分的影响. 园艺学报, 2007, 34 (2) : 477—480. Li H K, Zhang G J, Zhao Z Y, et al. Effects of interplanting of herbage on soil nutrient of nonirrigated apple orchard in the Loess Plateau (In Chinese). Acta Horticulturae Sinica, 2007, 34 (2) : 477—480
- [7] 惠竹梅, 李华, 龙妍, 等. 葡萄园行间生草体系中土壤微生物数量的变化及其与土壤养分的关系. 园艺学报, 2010, 37 (9) : 1395—1402. Hui Z M, Li H, Long Y, et al. Variation of soil microbial populations and relationships between microbial factors and soil nutrients in cover cropping system of vineyard (In Chinese). Acta Horticulturae Sinica, 2010, 37 (9) : 1395—1402
- [8] 陈凯, 胡国谦, 饶辉茂, 等. 红壤坡地柑桔园种植香根草地生态效应. 生态学报, 1994, 14 (3) : 249—254. Chen K, Hu G Q, Rao H M, et al. Ecological effects of planting vetiver grass in citrus groves on sloping red soil fields (In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 1994, 14 (3) : 249—254
- [9] Neilsen G H, Hogue E J. Effects of orchard soil management on the growth and leaf nutrient concentration of young dwarf' red delicious apple trees. Canadian Journal of Soil Science, 1985, 65: 309—315
- [10] 李国怀, 伊华林. 生草栽培对柑橘园土壤水分与有效养分及果实产量、品质的影响. 中国生态农业学报, 2005, 13 (2) : 161—163. Li G H, Yi H L. Influences of sod culture on the soil water content, effect of soil nutri ents, fruit yield and quality in citrus orchard (In Chinese). Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2005, 13 (2) : 161—163
- [11] 梅立新, 李会科. 渭北旱地苹果园生草小气候效应研究. 干旱地区农业研究, 2010, 28 (1) : 187—192. Mi L X, Li H K. Effects of interplanting different herbage on microclimate in apple orchards in the area of Weibei Plateau (In Chinese). Agricultural Research in the Arid Areas, 2010, 28 (1) : 187—192
- [12] Apel K, Hirt H. Reactive oxygens pecies: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Annual Reviw of Plant Biology, 2004, 55: 401—427
- [13] Warner J, Zhang T Q, Hao X. Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing

- tomatoes. Canada Journal of Plant Science, 2004, 84: 865—871
- [14] 葛顺峰, 姜远茂, 魏绍冲, 等. 不同供氮水平下幼龄苹果园氮素去向初探. 植物营养与肥料学报, 2011, 17 (4) : 949—955. Ge S F, Jiang Y M, Wei S C, et al. Nitrogen balance under different nitrogen application rates in young apple orchards (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2011, 17 (4) : 949—955
- [15] 周静, 崔键, 胡峰, 等. 马唐牧草红壤氮肥的氮挥发、径流和淋溶损失. 土壤学报, 2007, 44 (6) : 1076—1082. Zhou J, Cui J, Hu F, et al. N-loss through volatilization, run off and leaching from red soil planted with *Digitaria ischaemum* (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2007, 44 (6) : 1076—1082
- [16] 曹兵, 贺发云, 徐秋明, 等. 南京郊区番茄地中氮肥的气态氮损失. 土壤学报, 2006, 43 (1) : 62—68. Cao B, He F Y, Xu Q M, et al. Gaseous losses from fertilizers applied to a tomato field in nanjing suburbs (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2006, 43 (1) : 62—68
- [17] 张玉铭, 张佳宝, 胡春胜, 等. 华北太行山前平原农田土壤水分动态与氮素的淋溶损失. 土壤学报, 2006, 43 (1) : 17—24. Zhang Y M, Zhang J B, Hu C S, et al. Nitrate leaching in wheat-maize rotation field in the Nonrth China Plain (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2006, 43 (1) : 17—24
- [18] Amelung W, Zech W. Organic species in ped surface and core fractions along a climosequence in the prairie, North America. Geoderma, 1996, 74 (3) : 193—206
- [19] 刘新宇, 巨晓棠, 张丽娟, 等. 不同施氮水平对冬小麦季化肥氮去向及土壤氮素平衡的影响. 植物营养与肥料学报, 2010, 16 (2) : 296—303. Liu X Y, Ju X T, Zhang L J, et al. Effects of different N rates on fate of N fertilizer and balance of soil N of winter wheat (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16 (2) : 296—303
- [20] 郭天才, 宋晓, 冯伟, 等. 高产麦田氮素利用、氮平衡及适宜施氮量. 作物学报, 2008, 34 (5) : 886—892. Guo T C, Song X, Feng W, et al. Utilization and balance of nitrogen and proper application amount of nitrogn fertilizer in winter wheat in high yielding regions (In Chinese). Acta Agronomica Sinica, 2008, 34 (5) : 886—892
- [21] 李玉英, 胡汉升, 程序, 等. 种间互作和施氮对蚕豆/玉米间作生态系统地上部和地下部生长的影响. 生态学报, 2011, 31 (6) : 1617—1630. Li Y Y, Hu H S, Cheng X, et al. Effects of interspecific interactions and nitrogen fertilization rates on above-and below-growth in faba bean/mazie intercropping system (In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (6) : 1617—1630
- [22] 李登洵, 张玉琴, 米发杰, 等. 黄土高原果园生草与覆草对土壤和果树生长发育的影响. 北方果树, 2005 (5) : 15—17. Li D X, Zhang Y Q, Mi F J, et al. Effects of interplanting and covering herbage on soil and the growth of fruit tree in the Loess Plateau (In Chinese). Northern Fruits, 2005 (5) : 15—17
- [23] 王延南. 鲁中山区果园生草与覆草对土壤和果树生长发育的影响. 中国果菜, 2007 (4) : 34—35. Wang Y N. Effects of interplanting and covering herbage on soil and the growth of fruit tree in the moutain area of Luzhong (In Chinese). China Fruit & Vegetable, 2007 (4) : 34—35

EFFECTS OF INTERPLANTING GRASS ON UTILIZATION, LOSS AND ACCUMULATION OF ¹⁵N IN APPLE ORCHARD

Peng Ling Wen Zhao An Xin Jiang Han Jiang Yuanmao[†]

(State Key Laboratory of Crop Biology, College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai ' an, Shandong 271018, China)

Abstract A field experiment was carried out of interplanting forage grasses (*Trifolium repens* Linn., *Vulpia myuros* C. and *Lolium perenne* L.) in a two-year old 'Fuji' apple (*M. domestica* Borkh. cv. Red Fuji/ *Malus hupehensis* Rehd.) orchard to explore effects of grass interplantation on growth of the apple trees, and utilization, loss and residue of nitrogen in the 0 ~ 60 cm soil layer of the orchard, using the ¹⁵N-labeled tracer method. Results show that compared with the apple trees in the plot without grasses interplanted, the trees in the plot with grasses interplanted were found to have an increasing trend in total

fresh weight of a plant, thickness and length of new shoots and root-shoot ratio; The effect on root length, roots length density and roots surface area of apple trees was the most significant in the plot interplanted with *Trifolium repens* Linn., which was followed by the plot with *Vulpia myuros* C. and the plot with only apple the last; Nitrogen utilization rate also varied sharply between plots, being the highest in the plot with *Trifolium repens* Linn, which was followed by the plot with *Vulpia myuros* C. and the plot with only apple in the end; In the plots interplanted with herbage ^{15}N residue was found mainly in the 0 ~ 20 cm soil layer, and higher in content than that in the 0 ~ 20 cm soil layer in the plot of apple only. However, the amount soil of residual ^{15}N in the 20 ~ 40 cm and 40 ~ 60 cm soil layers was the highest in the plot with apple only, which was followed by the plot with *Lolium perenne* L., and the plot with *Trifolium repens* Linn. in the end. In terms of nitrogen loss rate, the four plots displayed an order of apple only > *Lolium perenne* L. > *Vulpia myuros* C. > *Trifolium repens* Linn.. In short, all the findings indicate that planting *Trifolium repens* Linn., *Vulpia myuros* C. and *Lolium perenne* L. in apple orchards improves nitrogen utilization rate and consequently reduces nitrogen loss rate by a certain degree.

Key words Apple; Interplantation of herbage; ^{15}N -urea

(责任编辑: 汪枫生)

CONTENTS

Reviews and Comments

A review of study on microbial ecology of nitrite-dependent anaerobic methane oxidation Shen Lidong (721)

Soil Science and Modern Agriculture

- Spatio-temporal variation of total N content in farmland soil of Jiangxi Province in the past 30 years Zhao Xiaomin, Shao Hua, Shi Qinghua, et al. (730)
- Early warning of heavy metals potential risk governance in Beijing Jiang Hongqun, Wang Binwu, Liu Xiaona, et al. (745)
- Effect of deep application of straw on composition of humic acid in soil aggregates Zhu Shu, Dou Sen, Chen Lizhen (758)
- Effect of biochar application on pakchoi (*Brassica chinensis* L.) utilizing nitrogen in acid soil Yu Yingliang, Xue Lihong, Yang Linzhang, et al. (766)
- Effects of water and fertilizer on fruit yield of high-yielding clonal *Camellia oleifera* Abel Zhang Wenyuan, Guo Xiaomin, Tu Shuping, et al. (774)

Research Articles

- VRML-based virtual reality modeling of three dimensional variation of soil electrical conductivity Li Hongyi, Gu Chengjian, Dan Chenglong, et al. (781)
- Effect of number of sampling sites on characterization of spatial variability of soil organic matter Hai Nan, Zhao Yongcun, Tian Kang, et al. (790)
- Research on soil water movement based on stable isotopes Jin Yurong, Lu Kexin, Li Peng, et al. (800)
- Basic NPK fertilizer recommendation and fertilizer formula for maize production regions in China Wu Liangquan, Wu Liang, Cui Zhenling, et al. (816)
- Effects of fertilization on soil organic carbon and distribution of SOC in aggregates in tidal flat polders Hou Xiaojing, Yang Jingsong, Wang Xiangping, et al. (827)
- Effect of long-term fertilizer application on distribution of aggregates and aggregate-associated organic carbon in paddy soil Mao Xiali, Lu Kouping, He Lizhi, et al. (837)
- Effects of biochar on N₂O and CH₄ emissions from paddy field under rice-wheat rotation during rice and wheat growing seasons relative to timing of amendment Li Lu, Zhou Ziqiang, Pan Xiaojian, et al. (847)
- Effects of successive application of crop-straw biochar on crop yield and soil properties in cambosols Liu Yuan, M. Jamal Khan, Jin Haiyang, et al. (857)
- Calculation of thickness of shear plane in diffuse double layer of constant charge soil colloid in single electrolyte system Ding Wuqun, Zhu Qihong, Wang Lei, et al. (867)
- Effect of chemical leaching remedying chromium contaminated soil in deserted chemical plant site Li Shiye, Cheng Jiemin (877)
- Limiting factors for restoration of dumping sites of ionic rare earth mine tailings Liu Wenshen, Liu Chang, Wang Zhiwei, et al. (887)
- Residues of organochlorine pesticides in soils of Liaodong and Shandong Peninsulas Zhu Yingyue, Liu Quanyong, Li He, et al. (900)
- Long-term application of winter green manures changed the soil microbial biomass properties in red paddy soil Gao Songjuan, Cao Weidong, Bai Jinshun, et al. (909)
- Effects of intercropping with leguminous crops on tomato yield, soil nutrients and enzyme activity Dai Huihui, Hu Xuefeng, Cao Mingyang, et al. (917)

Research Notes

- Relationship of free amino acids in root exudates with wilt disease (*Fusarium oxysporum*) of faba bean Dong yan, Dong Kun, Tang Li, et al. (924)
- Effects of intercropping of wheat and faba bean on diversity of metabolic function of rhizosphere fungal community Hu Guobin, Dong Kun, Dong Yan, et al. (933)
- Evolvement of structure and abundance of soil nitrogen-fixing bacterial community in *Phyllostachys edulis* plantations with age of time He Donghua, Shen Qiulan, Xu Qiufang, et al. (941)
- Effect of long-term fertilization on carbon sequestration in lime concretion black soil relative to fertilization pattern Li Wei, Kong Lingcong, Zhang Cunling, et al. (949)
- Effects of interplanting grass on utilization, loss and accumulation of ¹⁵N in apple orchard Peng Ling, Wen Zhao, An Xin, et al. (955)

Cover Picture: Full view of ionic rare earth mine desert (by Tang Yetao, Liu Wenshen)

《土壤学报》编辑委员会

主 编：史学正

执行编委：(按姓氏笔画为序)

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 丁维新 | 巨晓棠 | 王敬国 | 王朝辉 | 史 舟 | 宇万太 | 朱永官 |
| 李永涛 | 李芳柏 | 李保国 | 李 航 | 吴金水 | 沈其荣 | 张玉龙 |
| 张甘霖 | 张福锁 | 陈德明 | 邵明安 | 杨劲松 | 杨明义 | 杨林章 |
| 林先贵 | 依艳丽 | 周东美 | 周健民 | 金继运 | 逢焕成 | 胡 锋 |
| 施卫明 | 骆永明 | 赵小敏 | 贾仲君 | 徐国华 | 徐明岗 | 徐建明 |
| 崔中利 | 常志州 | 黄巧云 | 章明奎 | 蒋 新 | 彭新华 | 雷 梅 |
| 窦 森 | 廖宗文 | 蔡祖聪 | 蔡崇法 | 潘根兴 | 魏朝富 | |

编辑部主任：陈德明

责任编辑：汪枳生 卢 萍 檀满枝

土 壤 学 报

Turang Xuebao

(双月刊, 1948年创刊)

第 52 卷 第 4 期 2015 年 7 月

ACTA PEDOLOGICA SINICA

(Bimonthly, Started in 1948)

Vol. 52 No. 4 July, 2015

编 辑 《土壤学报》编辑委员会
地址:南京市北京东路71号 邮政编码:210008
电话:025-86881237
E-mail:actapedo@issas.ac.cn

Edited by Editorial Board of Acta Pedologica Sinica
Add: 71 East Beijing Road, Nanjing 210008, China
Tel: 025-86881237
E-mail:actapedo@issas.ac.cn

主 编 史 学 正
主 管 中 国 科 学 院
主 办 中 国 土 壤 学 会
承 办 中国科学院南京土壤研究所

Editor-in-Chief Shi Xuezheng
Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Soil Science Society of China
Undertaken by Institute of Soil Science,
Chinese Academy of Sciences

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印刷装订 北京中科印刷有限公司
总发行 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717
电话:010-64017032
E-mail:journal@mail.sciencep.com

Printed by Beijing Zhongke Printing Limited Company
Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China
Tel: 010-64017032
E-mail:journal@mail.sciencep.com

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京399信箱 邮政编码:100044

Foreign China International Book Trading Corporation
Add: P. O. Box 399, Beijing 100044, China

国内统一刊号:CN 32-1119/P

国内邮发代号:2-560

国外发行代号:BM45

定价:60.00元

国 内 外 公 开 发 行



ISSN 0564-3929

