

李发林, 黄炎和, 林晓兰, 等. 生草果园草被残体氮磷分解规律研究 [J]. 福建农业学报, 2012, 27 (8): 895—900.

LI F-L, HUANG Y-H, LIN X-L, et al. Nitrogen and Phosphorus Decomposition of Debris from Orchard Grass [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2012, 27 (8): 895—900.

生草果园草被残体氮磷分解规律研究

李发林¹, 黄炎和², 林晓兰¹, 郑域茹¹, 蔡志发³, 林永贤³, 叶亚海⁴, 武英¹

(1. 福建省热带作物科学研究所, 福建 漳州 363001; 2. 福建农林大学资源与环境学院, 福建 福州 350002;
3. 漳州市水土保持办公室, 福建 漳州 363000; 4. 龙海市水土保持试验站, 漳州 龙海 363112)

摘要: 采用样方收获法对人工多年生草果园草被残体的量进行测定, 并进行果园草被残体原位分解试验。结果表明: 4种草被(圆叶决明、百喜草、宽叶雀稗、日本草)的样方残体量分别为406.00、1 582.28、1 542.62、658.07 g, 分别占其样方地上部物质总量的33.8%、76.1%、59.4%、100.0%; 百喜草、圆叶决明、日本草草被残体半腐解时间为5个月, 而宽叶雀稗为6个月; 4种草被残体年释放量为残体氮素贮量的90.86%、67.76%、88.45%、88.33%, 折合果园氮素年释放81.16、119.02、219.68、58.71 kg·hm⁻²; 4种草被残体磷素年释放量分别为残体贮量的84.46%、80.32%、90.90%、87.22%, 折合磷素年释放量为167.69、534.96、604.49、343.22 kg·hm⁻²。

关键词: 果园生草; 残体; 氮; 磷; 分解

中图分类号: S 605

文献标识码: A

Nitrogen and Phosphorus Decomposition of Debris from Orchard Grass

LI Fa-lin¹, HUANG Yan-he², LIN Xiao-lan¹, ZHENG Yu-ru¹, CAI Zhi-fa³,
LIN Yong-xian³, YE Ya-hai⁴, WU Ying¹

(1. Fujian Institute of Tropical Crops, Zhangzhou, Fujian 363001, China; 2. College of Resources and Environmental Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China;
3. Zhangzhou Office of Soil and Water Conservation, Zhangzhou, Fujian 363000, China;
4. Longhai Experimental Station of Soil and Water Conservation, Longhai, Fujian 363112, China)

Abstract: Grass residues and decomposition of nitrogen and phosphorus in grassing orchards were studied by using the harvest quadrat method. The residues of the 4 grasses, *Chamaecrista rotundifolia*, *Paspalum natatum*, *Paspalum wetsfeteini* and *Borreria latisolia*, were 406.00, 1 582.28, 1 542.62 and 658.07 g, respectively, accounting for 33.8%, 76.1%, 59.4%, and 100.0% of the total, respectively. The half-decomposition time of the grass residues was 5 months for *P. natatum*, *C. rotundifolia* and *B. latisolia*, while 6 months for *P. wetsfeteini*. The nitrogen storage of the annual losses of the 4 grass residues were 90.86%, 67.76%, 88.45% and 88.33%, respectively, which equated the annual losses of orchard nitrogen of 81.16, 119.02, 219.68 and 58.71 kg·hm⁻², respectively. These were far less than 864 kg·hm⁻². The phosphorus storage of the annual losses of the 4 grass residues were 84.46%, 80.32%, 90.90% and 87.22%, respectively, which equated the annual losses of orchard phosphorus of 167.69, 534.96, 604.49 and 343.22 kg·hm⁻², respectively. These were less than the amount of adsorbable phosphorus in the cultivated soil.

Key words: grassing orchard; residues; nitrogen; phosphorus; decomposition

生草栽培是在果园行间播种豆科或禾本科植物, 并定期刈割, 用割下的茎秆覆盖树盘, 让其自

然腐烂分解, 从而改良土壤结构、提高土壤肥力和改善果园小气候的栽培模式。因生草栽培具有培肥

收稿日期: 2012—04—16 初稿; 2012—05—20 修改稿

作者简介: 李发林 (1972—), 男, 副研究员, 主要从事热带亚热带地区农业土壤资源合理利用研究 (E-mail: lfl67@sohu. com)

通讯作者: 黄炎和 (1962—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀与侵蚀退化土地生态恢复途径研究 (E-mail: yanhehuang@hotmail. com)

基金项目: 福建省生态学重点学科建设项目 (0608537); 福建省科技计划项目——省属公益类科研院所基本科研专项 (2009R10010-2)

地力和水土保持作用,因此在新果园里得到大面积推广。果园套种的草被植物可用于发展养殖业,用作绿肥压表或覆盖于树冠。许多果园套种草被植物是为了保持水土,并没有对其进行利用,让其自生自灭(生长期间自然生长,到生长季末干枯)。草被残体自然分解可产生大量氮、磷化合物,当果园肥力状况比较差,这些分解物就成为果树的养分来源之一;当果园土壤富营养化时,这些分解物与施入的矿物肥料一起,将成为面源污染物的来源之一。目前,已有较多关于果园生草栽培和果园生境变化的研究^[1-8],但关于果园生草后草被残体分解对环境的影响,还未见报道。本试验通过研究果园

全园套种不同草被植物时,其残体分解时氮、磷素释放规律和N、P年循环通量变化,为果园面源污染研究和果园生草栽培技术的推广提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点位于龙海水土保持试验站琯溪蜜柚园(2002年春季定植,地处龙海市程溪镇下庄村),位于龙海西部的低山丘陵区,属南亚热带海洋性季风气候,年平均气温21℃,≥10℃的积温为7600℃,无霜期330 d,年降水量1370 mm左右,土壤属花岗岩母质发育的赤红壤,其基本理化性状见表1。

表1 不同牧草种植区土壤基本理化性状

Table 1 Basic physical and chemical properties of soils in experimental areas

试验区	土壤有机质/ (g·kg ⁻¹)	碱解 N/ (mg·kg ⁻¹)	速效 P/ (mg·kg ⁻¹)	速效 K/ (mg·kg ⁻¹)	土壤含水量 /%
圆叶决明全园套种区	8.99	51.60	2.21	60.65	15.32
百喜草全园套种区	9.25	45.00	2.52	65.23	16.75
宽叶雀稗全园套种区	9.38	45.30	2.63	65.33	15.08
日本草自然生长区	9.33	42.30	2.33	66.92	15.75

1.2 试验设计

2002年5月,试验区域全园清除园内杂草,翻土(20 cm)整平,各小区采取随机区组设计^[9],设置4个处理区,分别为①圆叶决明 *Chamaecrista Rotundifolia* 全园套种区。每667 m²用0.5 kg 种子撒播,小区7月密闭,平时拔除其他杂草;冬季有大的降霜时,地上部分死亡,第二年自留种生长或地下部重新发芽;②百喜草 *Paspalum notatum Flugge* 全园套种区。在树冠滴水线区域外,用百喜草分蘖苗按10 cm×10 cm 规格种植,小区8月密闭,平时拔除其他杂草;③宽叶雀稗 *Pspalum Wettsteinii* 全园套种区。在树冠滴水线区域外,用宽叶雀稗幼苗按10 cm×10 cm 规格种植,小区7月密闭,平时拔除其他杂草;④日本草 *Borreria latifolia* 自然生长区。在树冠滴水线区域外不种植任何植物,结合冬季清园,清除畦面草被,覆盖于树冠下。3次重复。每小区各3株琯溪蜜柚,牧草周年不割,每年各小区在春夏2季分2次按每667 m²100 kg·次⁻¹施用复合肥,果园其他管理按常规方法管理。

1.3 研究方法

1.3.1 样方内物质量测定 2009年10月在各处理区内,在果树冠幅外收割样方(1.0 m×1.0 m)

内的各牧草地上部分鲜草(活体)和干草(残体),分别称重记录,并取样测含水量,3次重复。

1.3.2 草被残体原位自然分解试验 2009年10月30日,收集百喜草、宽叶雀稗和日本草3种牧草残体,及圆叶决明凋落叶,剪成1.0 cm的小段,准确称重(10.00 g)装入10 cm×20 cm尼龙网袋(网孔径为1 mm)中,每处理各40袋。各处理随机取残体2袋,测定其初始N、P含量和含水量(表2)。装有日本草残体的尼龙网袋放于对照果园畦面,而其他处理装有残体的尼龙网袋,自然放在牧草丛中(接触土壤)进行原位自然分解试验。每隔30 d取样3袋,田间取样共12次。尼龙网袋取回后,洗净,除去浸入的根系和混入的泥土,于65℃烘干至恒重,称重并记录。将残体样品粉碎后,装入磨口玻璃瓶,供分析用。

表2 各草被残体初始N、P含量

Table 2 N and P content of debris from different orchard grasses

残体	干重 /g	含水量 /%	N/ (g·kg ⁻¹)	P/ (g·kg ⁻¹)
圆叶决明	8.62	13.8	22.01	4.89
百喜草	8.99	10.01	10.11	5.98
宽叶雀稗	8.81	11.9	11.11	4.21
日本草	8.82	11.8	16.10	4.31

1.3.3 分析测试方法 土壤有机质用 K_2CrO_7 容量法; 碱解氮用扩散法; 速效磷用钼锑抗比色法; 土壤速效 K 用原子分光光度法; 植物样品全 N 采用蔡氏比色法, 全 P 采用钒钼酸比色法^[10]。

贮量、释放量计算方法: 氮、磷素贮量=残体物质质量×含量; 氮、磷素释放量=前月氮、磷素贮量-后月氮、磷素贮量差值。

2 结果与分析

2.1 各牧草样方内地上部物质的量

地被物可分为地上部分、地下部分(根)和地被物残体。因地被物冬季停止分蘖并自然干枯^[11], 因此在冬季收集地被物进行研究。各草被样方地上部各部分干物质量见表 3。4 种牧草样方物质总量中宽叶雀稗最大(2 599.16 g), 日本草最小

(658.07 g); 百喜草、宽叶雀稗、圆叶决明、日本草残体分别为 1 582.28、1 542.62、406.00 和 658.07 g, 分别占其样方物质总量的 76.1%、59.4%、33.8%、100.0%。百喜草、宽叶雀稗的残体量远大于圆叶决明和日本草, 说明了这些牧草通过残体分解物质循环通量的差异。百喜草、宽叶雀稗、圆叶决明的地上部活体物质的量分别为 498.28、1 056.54、795.26 g, 分别占其样方物质总量的 23.9%、40.6% 和 66.2%, 为第 2 年牧草重新生长, 维持果园生态系统的稳定提供了很好的养分保障和物质基础。日本草为一年生草种, 当土壤水分不能满足其生长需要时, 就枯萎死亡。对草被残体量进行统计分析表明, 百喜草和宽叶雀稗间差异不显著, 而与圆叶决明、日本草间有极显著差异(表 3)。

表 3 样方($1 m^2$)内地上部各牧草物质的量

Table 3 Quantity of grasses in space above quadrat

牧草品种	样方物质总量/g	残体		活体物质	
		重量/g	比例/%	重量/g	比例/%
圆叶决明	1201.26 C	406.00 Cb	33.8	795.26	66.2
百喜草	2080.56 B	1582.28 Aa	76.1	498.28	23.9
宽叶雀稗	2599.16 A	1542.62 Aa	59.4	1056.54	40.6
日本草	658.07 D	658.07 Bc	100.0	—	0

2.2 草被残体各月分解量变化

表 4 为各种草被残体各月分解量, 各月分解量差异达显著或极显著水平。具体表现为随腐解时间的延长, 各月的分解量也下降, 在最初的 1 个月下降得最多, 其中日本草、圆叶决明、百喜草下降幅度较大, 宽叶雀稗降幅较小。这是由于初始有机物料中含有易分解物质多, 容易被土壤微生物分解, 故腐解较快。在腐解后期 2 个月, 降水较少, 腐解

基本停滞, 分解量很少。百喜草(55.84%)、圆叶决明(50.81%)、日本草(50.72%)分别在第 5 个月达到半腐解时间, 而宽叶雀稗(49.09%)第 6 个月基本达到。经过 1 年观测, 表明各处理都会有部分腐解物残留, 其腐解物残留量比例的顺序为百喜草(2.38%)>圆叶决明(2.32%)>宽叶雀稗(1.81%)>日本草(1.11%)(图 1)。

表 4 草被残体各月分解量

Table 4 Amount of decomposed orchard grass debris by month

(单位/g)

牧草品种	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	第 8 月	第 9 月	第 10 月	第 11 月	第 12 月
圆叶决明	1.39Aa	1.04Bb	0.68Cc	0.49Fe	0.64Ccd	0.5DEd	0.40Gf	0.50EFe	0.45FGef	0.40Gf	0.30Hg	0.30Hg
百喜草	1.44Aa	0.66Cc	0.51Dd	0.59CDc	0.59CDc	1.03Bb	0.65Cc	0.38Ee	0.37Ee	0.26Ff	0.32EFef	0.14Gg
宽叶雀稗	0.94Aa	0.56Bb	0.51Bb	0.55Bb	0.96Aa	0.97Aa	0.91Aa	0.56Bb	0.51Bb	0.56Bb	0.50Bb	0.23Cc
日本草	1.82Aa	0.75Cc	0.71Cc	0.68Cc	0.47Dde	0.42DEe	0.45Dde	0.90Bb	0.93Bb	0.51Dd	0.33Ef	0.12Fg

2.3 草被残体氮素变化

2.3.1 氮素含量变化 各草被残体氮素含量变化见图 2, 各种草被在腐解初期, 氮素含量都会有上

升过程, 圆叶决明第 2 月, 宽叶雀稗、日本草第 3 月, 百喜草第 8 月达到最高值, 分别为 25.10、19.10、16.80、19.46 g·kg⁻¹, 而后圆叶决明、

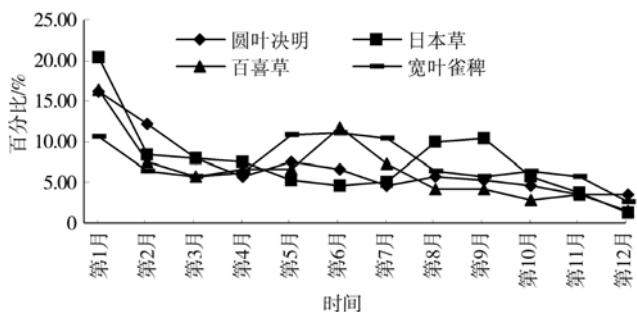


图 1 各月份草被残体分解比例

Fig. 1 Proportion of decomposed orchard grass debris by month

日本草氮素含量逐渐下降, 分别降至 13.01 和 14.29 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 宽叶雀稗和百喜草氮素含量变化差异不大; 与残体氮素原始含量 (22.01、10.11、11.11、16.10 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 相比, 周年后, 圆叶决明残体氮含量降低, 而百喜草、宽叶雀稗、日本草残体氮含量有较大的增加, 分别为 13.01、14.29、19.12、19.41 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

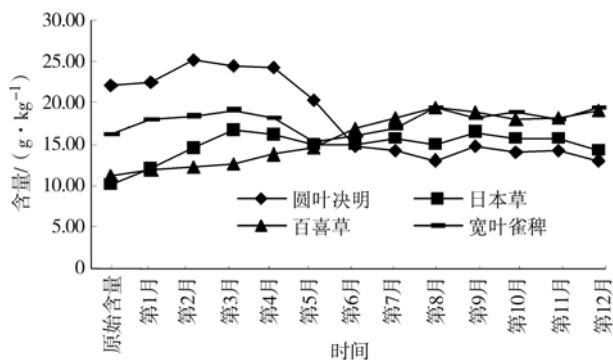


图 2 各草被残体氮素含量变化

Fig. 2 N content of orchard grass debris

2.3.2 氮素贮量变化 氮素贮量变化见图 3, 其贮量表现为逐月下降的相同变化规律。1 年后, 圆叶决明残体氮贮存量最小, 下降至原始贮量的 9.97%, 宽叶雀稗、日本草残体氮贮存量差不多, 分别下降至原始贮量的 14.51%、11.21%。百喜草残体贮存量最多, 下降至原始贮量的 36.61%。圆叶决明、百喜草、宽叶雀稗、日本草残体年释放残体氮素贮量的 90.03%、63.39%、85.49%、88.79%, 折合果园氮素释放 80.45、111.43、212.32、59.07 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

2.3.3 氮素释放量变化 从氮素的释放量图 (图 4) 可知, 日本草残体分解初期, 会从环境中吸收氮。圆叶决明残体第 4、5 月释放最多, 宽叶雀稗残体 4 月释放最多, 而日本草、百喜草残体氮素释

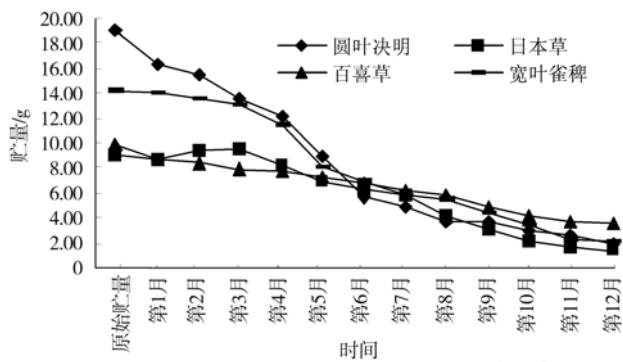


图 3 各草被残体氮素贮量变化

Fig. 3 N storage of orchard grass debris

放量, 月份间差异不大。

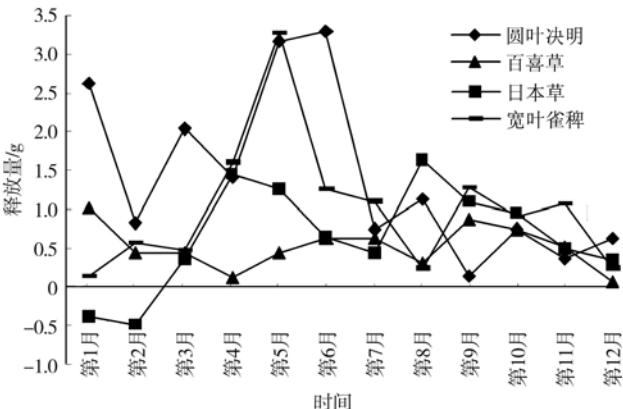


图 4 各草被残体氮素释放量变化

Fig. 4 N loss of orchard grass debris

2.4 不同牧草草被残体磷变化

2.4.1 磷素含量变化 残体是地被枯死物经过腐解后留下的剩余部分, 能为维持果园生态系统的稳定提供很好的物质基础^[8]。随腐解时间的延长, 各草被残体中磷素含量有相似的变化过程, 残体磷素含量先增加, 而后下降。圆叶决明、百喜草、宽叶雀稗、日本草残体含磷量分别在第 4、5、5、5 个月达到最高峰, 分别为 6.71、5.72、5.02、9.68 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 而后其含量开始下降到第 9 个月, 基本保持不变, 其最终含量为 5.29、4.37、3.71、8.69 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (图 5), 与残体原始含量 4.89、5.98、4.21、4.31 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 有一些变化。

2.4.2 磷素贮量变化 各牧草残体所贮存磷素量的变化见图 6, 各残体所贮存的磷, 逐步向环境释放。残体经过 1 年分解后, 其残体所贮存的磷量为原始贮量的 18.20%、22.03%、10.34%、14.55%。

2.4.3 磷素释放量变化 从磷素释放图 (图 7) 可见, 圆叶决明 6 月有最大释放量 0.544 g, 日本

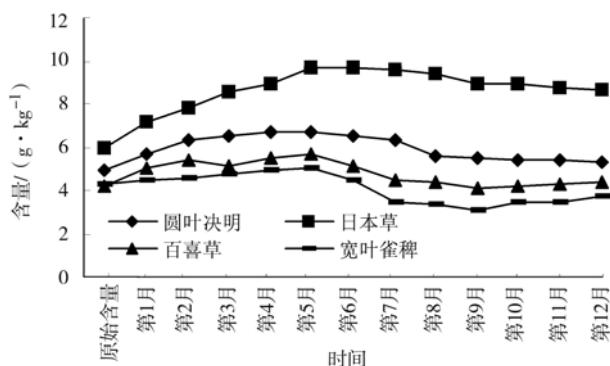


图 5 各草被残体磷素含量变化

Fig. 5 P content of orchard grass debris

草 6、7 月有最大释放量为 0.892 g 和 0.967 g、百喜草 4 月有最大释放量为 0.833 g、宽叶雀稗 5 月有最大释放量为 0.733 g。圆叶决明、百喜草、宽叶雀稗、日本草磷素年释放量分别为 81.80%、77.97%、89.66%、85.45% 残体贮量，折合磷素年释放量为：162.40、519.39、596.12、336.27 kg·hm⁻²。

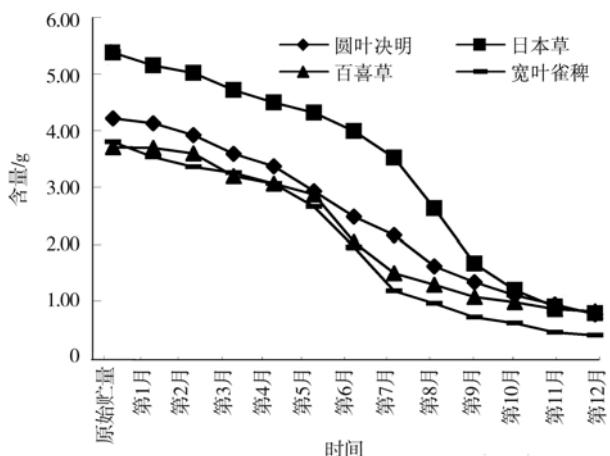


图 6 各草被残体磷素贮量变化

Fig. 6 P storage of orchard grass debris

3 讨论与结论

对漳州市南靖牛崎头水保试验场龙眼园研究表明, 系统年库流总量为 1 507.20 kg·hm⁻², 龙眼凋落物年库流量为 1 139.02 kg·hm⁻², 占 75.57%, 地被物为 368.18 kg·hm⁻², 占 24.42%, 说明了地被残体是果园生态系统第一性生产力的重要组成部分^[12]。本试验通过对套种圆叶决明、百喜草、宽叶雀稗等牧草的幼龄琯溪蜜柚果园地上部收获测定表明, 残体分别为 406.00、1 582.28、1 542.62 kg·hm⁻², 自然生草(日本草, 对照)为 658.07 g·m⁻², 其分别占其样方地上部

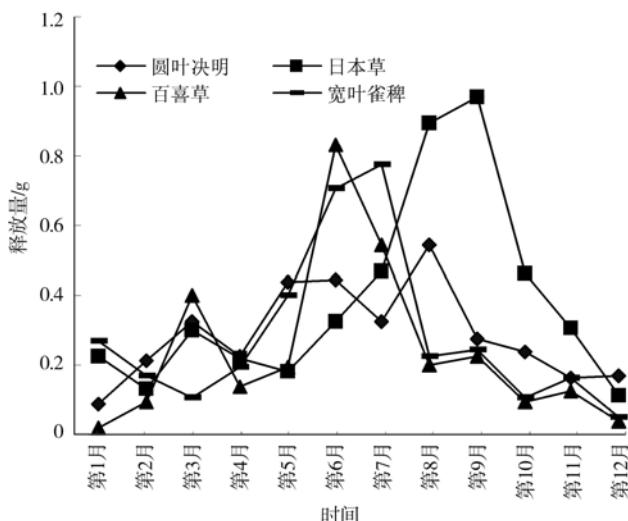


图 7 各草被残体磷素释放量变化

Fig. 7 P loss of orchard grass debris

物质总量的 33.8%、76.1%、59.4%, 自然生草(日本草, 对照)为 100.0%, 可见百喜草、宽叶雀稗的残体量远大于圆叶决明和日本草。

地被残体通过微生物分解释放养分, 最后归还给土壤, 是生态系统中养分循环的一个主要环节^[12]。牧草残体周年释放氮、磷量, 代表了该果园通过牧草循环量。圆叶决明、百喜草、宽叶雀稗、日本草残体氮素年释放量占残体氮素贮量的 90.03%、63.39%、85.49%、88.79% 的氮素贮量, 折合果园牧草残体氮年释放 80.45、111.43、212.32、59.07 kg·hm⁻², 圆叶决明、百喜草、宽叶雀稗、日本草磷素年释放量分别占残体磷贮量的 81.80%、77.97%、89.66%、85.45%, 折合磷年释放量分别为 162.40、519.39、596.12、336.27 kg·hm⁻², 从中可表明, 果园人工生草产生残体氮素释放量大于自然生日本草; 果园生草选择套种百喜草、宽叶雀稗产生的残体分解磷素释放, 大于自然生日本草。说明通过人工生草, 果园氮、磷的循环量会大于自然生草, 其更有利于果园生态系统的稳定。

凋落物的分解过程中元素迁移有: 淋溶-富集-释放、富集-释放、直接释放等模式^[13]。从本试验 4 种牧草残体氮磷释放过程来看, 日本草属于富集-释放模式, 有 3 个月的富集时间, 这时, 其会从环境中吸收氮素, 不利于果树生长。日本草是外来物种, 在闽南果园常见其踪迹; 当秋季干旱时, 干枯死亡; 冬季果园清园时, 烧掉或覆盖于树冠下, 这时需要补充氮肥。而圆叶决明、百喜草、宽叶雀稗 3 种属于直接释放模式, 其氮磷释放过程都比较

漫长，直至周年时都还有部分没有释放出来，这有利于果树或牧草生长。

平和县“琯溪蜜柚”是中国南方的大宗水果之一，在生产发展过程中，片面追求产量，采用“高施肥、强农药”的果园管理方式，果园土壤积累了大量氮、磷物质，大部分土壤达富营养化程度^[14-16]，造成果园 N、P 面源污染严重和地下水受到污染等问题。为了改变这种状况，在政府大力推广和劳动力成本上升的压力下，果园生草管理模式得到大面积应用。调查表明平和县“琯溪蜜柚”产区多数果园采用以日本草为主的自然生草方法，而日本草有分泌较强的化感物质的特性^[17]，对果树生长有较大负面影响。最近的研究表明，平和县“琯溪蜜柚”园土壤磷富营养化趋势并没有得到明显改善^[16]。为了改变这种状况，建议采用生物循环量更大的人工生草（百喜草）模式，其不仅可很好减轻对果树的影响，又可不同程度地提高果园土壤的铵吸附能力，降低土壤对磷的解吸率，改善果园土壤对磷的缓冲能力^[18-19]。对平和县“琯溪蜜柚”园这类磷素富集，易产生磷素面源污染的果园^[16]，作用尤为明显。

参考文献：

- [1] 黄炎和, 卢程隆, 杨学震, 等. 侵蚀劣地果园套种绿肥对土壤肥力的影响[J]. 福建农业大学学报, 1996, 25(2): 204—207.
- [2] 傅金辉, 李发林, 刘长全, 等. 土壤管理对红壤幼龄果园土壤酶活性变化的影响初探 [J]. 福建农业学报, 1998, B (S1): 90—95.
- [3] 唐梁楠. 用地与养地结合提高果园土培肥途径探讨 [J]. 土壤肥料, 1990, (5): 26—29.
- [4] 黄炎和, 朱鹤健, 郑达贤. 闽南地区的土壤侵蚀与治理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 108—120.
- [5] 陈清西, 廖镜思, 郑国华, 等. 果园生草对幼龄龙眼园土壤肥力和树体生长的影响 [J]. 福建农业大学学报, 1996, 25 (4): 429—432.
- [6] 刘殊, 廖镜思, 苏水金, 等. 果园生草对龙眼园微生态气候和光合作用的影响 [J]. 福建农业大学学报, 1996, 25 (1): 24—28.
- [7] 肇溥敏. 野生杂草埋压后的分解特征的研究 [J]. 土壤通报, 1986, 17 (5): 214—218.
- [8] 陈佐忠, 黄德华, 张鸿芳. 羊草草原和大针茅草原氮素贮量及其分配 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1983, 7 (2): 143—151.
- [9] 李发林, 黄炎和, 张汉荣, 等. 套种牧草果园的土壤浸提液对萝卜种子发芽和幼苗生长的化感效应 [J]. 热带作物学报, 2010, 30 (2): 292—296.
- [10] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 308—322.
- [11] 沈林洪, 陈晶萍, 黄炎和. 宽叶雀稗的性状研究 [J]. 福建热作科技, 2001, 26 (2): 1—8.
- [12] 李发林, 黄炎和, 蔡志发, 等. 果园植被凋落物营养元素年库流量和利用效率的研究 [J]. 福建热作科技, 2003: 28 (1): 1—4.
- [13] 刘颖, 韩士杰, 林鹿. 长白山 4 种森林凋落物分解过程中养分动态变化 [J]. 东北林业大学学报, 2009, 37 (8): 28—30.
- [14] 章明清, 林琼, 杨杰, 等. 平和琯溪蜜柚果园养分状况与平衡施肥研究 [J]. 福建农业学报, 2003, 18(3): 163—167.
- [15] 黄育宗, 李健, 吴少华, 等. 琯溪蜜柚主产区(平和县)果园的营养状况 [J]. 福建农林大学学报, 2001, 30 (1): 40—43.
- [16] 张汉荣. 平和“琯溪蜜柚”果园剖面土壤磷特性及其改善措施 [J]. 中国农学通报, 2011, 27 (33): 98—103.
- [17] 李发林, 郑域茹, 林晓兰, 等. 果园草被残体浸提液对日本草种子发芽与幼苗生长的化感效应 [J]. 热带作物学报, 2012, 33 (2): 290—295.
- [18] 李发林, 林晓兰, 黄炎和, 等. 果园种植牧草对果树树体生长及其根系活力的影响 [J]. 热带农业科学, 2009, 29 (7): 20—24.
- [19] 郑域茹, 李发林, 黄炎和, 等. 套种不同牧草果园土壤对磷的吸附与解吸特性 [J]. 热带农业科学, 2011, 31 (10): 51—54.
- [20] 郑涛, 李发林, 黄炎和, 等. 套种不同牧草的果园土壤对铵的吸附特性研究 [J]. 热带作物学报, 2012, (6): 1009—1013.

(责任编辑: 柯文辉)