

文章编号: 1000-5692(2006)03-0242-06

雷竹早产高效栽培过程中土壤养分质量分数的变化

姜培坤¹, 徐秋芳¹, 储家淼², 吴丽君³

(1. 浙江林学院 环境科技学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江林学院 园林工程部, 浙江 临安 311300; 3. 浙江省临安市农业技术推广中心, 浙江 临安 311300)

摘要: 为了解实施早产高效栽培措施雷竹 *Phyllostachys praecox* 林土壤养分现状, 探明栽培过程中养分的演变规律, 分析了栽培历史分别为 4, 6, 8, 10 a 的雷竹林土壤, 布置了不同肥料类型和不同施肥量的施肥试验。研究表明: 随着雷竹栽种历史的延长, 土壤有机质、全磷和有效磷质量分数显著增加, 碳氮比(C/N)明显升高。1 a 的肥料定位试验表明, 有机肥和化肥混合处理动态过程中, 土壤有机质均显著高于无机肥处理, 但无论是有机肥和化肥混合处理还是纯化肥处理, 经过 1 a 试验后, 土壤有机质质量分数都有明显增加, 5 个施肥处理 1 a 后, 土壤有机质质量分数平均增加了 10.42%。3 个有机肥和化肥混合处理间比较, 随着施肥数量增加, 土壤全氮、全磷、水解氮和有效磷均显著增加; 2 个纯化肥处理相比, 施肥量大的处理, 土壤全磷和有效磷质量分数显著高于施肥量少的处理, 而土壤全氮和水解氮在 2 个处理间无显著差异。1 a 肥料试验中, 当年 8 月至 12 月, 土壤全氮、水解氮、全磷和有效磷质量分数处于较低水平, 翌年 2 月开始上升, 翌年 4 月份又有下降趋势, 到试验结束(翌年 6 月), 所有施肥处理土壤全磷和有效磷均明显上升, 1 a 中 5 个施肥处理土壤全磷平均增加了 10.19%, 有效磷平均增加了 15.31%, 而氮素只有 3 个有机肥和化肥混合处理明显增加, 全氮和水解氮分别平均增加了 3.03% 和 2.84%, 2 个纯化肥处理全氮和水解氮反而下降, 比试验开始时, 分别平均下降了 15.94% 和 73.47%。表 3 参 9

关键词: 土壤学; 雷竹; 早产高效; 土壤养分

中图分类号: S714.8 **文献标识码:** A

雷竹 *Phyllostachys praecox* 是优良的笋用竹种, 广泛分布在中国长江以南地区, 其中以浙江省分布面积最大^[1]。最近十几年来, 通过集约化经营, 采用冬季地表覆盖技术, 使雷竹笋实现了反季生产, 从而取得了很高的经济效益^[2]。在雷竹笋生产中, 为了早产高效, 竹林地肥料投入量很大。雷竹推荐施肥量每年施化肥超过 $3 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 有机肥(厩肥)达 $100 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 而有的农户施肥量更大, 几乎达到滥用肥料的程度。大量施肥已造成竹林土壤养分普遍较高^[3], 雷竹林长期大量施用肥料特别是化肥已造成竹林提前退化, 土壤酶活性异常^[4,5], 化学氮肥的超量施用也造成竹笋硝酸盐严重超标^[6]。随着连年大量施用肥料, 竹林土壤重金属也出现了升高趋势^[7]。作者采集了不同栽培历史雷竹林土壤样品, 也布置了施肥定位试验, 旨在通过分析, 揭示不同栽培历史雷竹林土壤养分的演变规律, 探索雷竹林 1 a 中土壤养分的变化规律。

收稿日期: 2005-09-22; 修回日期: 2005-11-09

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(300209)

作者简介: 姜培坤, 教授, 从事森林土壤学等研究。E-mail: jiangpeikun@zjfc.edu.cn

1 样地与方法

1.1 研究区概况

研究区设在浙江省临安市三口镇。该区属中亚热带, 地理坐标为 $30^{\circ}14'N$, $119^{\circ}42'E$, 年平均气温为 $15.9^{\circ}C$, 年降水量 $1\,424\text{ mm}$, 无霜期 236 d 。该区是浙江省雷竹主产区, 也是早产高效栽培技术推广实施最早的地区。该地区农民实施早产高效栽培技术, 一般是每年 11 月下旬至 12 月上旬进行地表增温覆盖, 一般是地表先盖 $0.15\sim 0.20\text{ m}$ 的稻草或竹叶, 上面再覆盖 0.10 m 左右苍糠, 到第 2 年 4 月上中旬揭去上层苍糠回收利用, 而下层稻草和竹叶大部分腐烂入土。施肥一般每年 3 次, 5 月中旬、9 月下旬和覆盖前, 3 次肥料用量比例分别控制在 $35\%\sim 40\%$, 30% 和 $30\%\sim 35\%$ 。研究区笋农有 2 种施肥习惯: 一种是全年全部施用化肥, 这些笋农全年化肥施用量一般超过 $3\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 高的可达 $5\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 肥料常是复合肥 ($N:P_2O_5:K_2O$ 为 $15:15:15$) 和尿素; 另一种习惯是 5 月和覆盖前 2 次有机肥和化肥混施, 9 月单施化肥。此种习惯全年化肥用量一般在 $1.5\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上, 高的可达 $3\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 有机肥用量一般在 $50\sim 150\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 化肥类型也以尿素和复合肥为主, 有机肥主要是厩肥 (猪栏肥为主)。

1.2 研究方法

1.2.1 野外采样方法 在研究区内按雷竹建园历史分为 4, 6, 8 和 10 a 等 4 个年龄段, 4 个年龄级竹园覆盖历史依次为 1, 3, 5 和 7 a。每个年龄级设 6 个样地, 所有样点控制在海拔 $50\sim 200\text{ m}$, 土壤均为发育于凝灰岩的红壤土类, 位于丘陵缓坡地段, 所有样点冬季覆盖材料均为稻草和苍糠。样点选好后, 在确定的样点建立 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 的采样区, 在采样区中, 用采样器蛇形法多点采集 $0\sim 0.25\text{ m}$ 土层样品。

1.2.2 定位试验 布置 施肥定位试验点, 雷竹建园历史 6 a, 已覆盖过 2 a。试验地土壤为发育于粉砂岩的红壤, 土壤 pH 5.02 , 有机质质量分数为 $34.35\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全氮质量分数 $1.31\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 水解氮质量分数 $135.66\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 有效磷质量分数 $16.87\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效钾质量分数 $115.60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。5 月开始布置试验, 试验设 6 个处理 (表 1), 3 次重复, 随机区组设计, 小区面积为 120 m^2 , 各处理施肥时间分 3 次, 即 5 月 12 日、9 月 22 日和 12 月 5 日, 化肥每次施用量占全年施肥总量比例分别为 35% , 30% 和 35% , 有机肥在 5 月 12 日和 12 月 5 日分 2 次施入, 用量各半。12 月 10 日开始进行冬季地表覆盖, 先在地表覆盖 0.15 m 稻草和竹叶混合物, 再在上面覆盖 0.1 m 厚的苍糠。6 月 1 日、8 月 1 日、10 月 1 日、12 月 1 日和翌年 2 月 1 日、4 月 1 日和 6 月 1 日分别采集各小区 $0\sim 0.25\text{ m}$ 土层内混合土样。

1.2.3 分析方法 采集后的土壤样品, 经风干、去杂和过筛后使用。土壤有机质采用重铬酸钾容量法; 土壤全氮采用凯氏法; 水解氮采用碱解法; 有效磷采用 $\text{HCl-NH}_4\text{F}$ 浸提, 钼锑抗法; 速效钾采用醋酸铵浸提, 火焰光度法^[8]。

1.3 数据处理分析

数据采用 Excel 和 DPS 软件进行处理分析^[9]。

表 1 试验各处理肥料用量

Table 1 Fertilizer rates of different treatments

处理编号	全年施肥量/ $(\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2})$	氮素用量相对值
ck		
1	尿素 975 复合肥 1 500 和厩肥 112 500	2.0
2	尿素 975 复合肥 1 500 和菜籽饼 18 750	2.0
3	尿素 487.5 复合肥 750 厩肥 56 250	1.0
4	尿素 1 950 复合肥 3 000	2.0
5	尿素 1 300 复合肥 2 000	1.5

说明: 复合肥 $N:P_2O_5:K_2O$ 为 $15:15:15$ 。

2 结果分析

2.1 不同栽培历史雷竹林土壤养分质量分数的变化

从表 2 可以看出, 由于雷竹林普遍采用冬季地表覆盖, 输入土壤的有机物增多, 因而随着栽培时间的延长, 土壤有机质呈明显上升的趋势, 从 4 年生到 10 年生雷竹林土壤有机质质量分数共增加 $11.19\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 增加了 38.89% 。并且 10 年生竹林土壤有机质显著高于 6 年生和 8 年生林地, 6 年生和 8 年生林地又显著高于 4 年生林地。相比之下, 土壤全氮随种植历史没有发生明显变化, 因而土壤碳

氮比(C/N)随种植历史出现明显上升趋势。表2显示, 6~10年生雷竹林地土壤C/N显著高于4年生竹地。土壤C/N增高造成微生物活动所需碳源和氮源失衡, 随着微生物大量繁衍, 土壤中大量有效态氮被微生物夺取, 并成为有机态氮, 因而农户在雷竹地的肥料投入量虽然较大, 虽土壤水解氮随着种植年龄增加, 无显著差异, 但随栽培历史延长, 含量有下降态势。

由于本采样区农户均大量施用复合肥(N:P₂O₅:K₂O为15:15:15)。氮、磷、钾输入量相同, 但雷竹对氮、磷、钾需求比例为6:1:2^[3], 因而随种植历史增长, 土壤磷的残留量增多, 10年生竹林土壤全磷和有效磷显著高于8年生和6年生林地, 而8年生和6年生林地又显著高于4年生林地

表2 不同栽培历史雷竹林土壤养分

Table 2 Nutrients contents of soil under *Phyllostachys praecox* stands with different management years

栽培年数	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	C/N	水解氮/ (mg·kg ⁻¹)	全磷/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)
4	28.77 c	1.33 a	12.54 b	208.75 a	0.299 c	28.14 c
6	35.45 b	1.28 a	16.02 a	183.14 a	0.315 b	58.77 b
8	37.75 b	1.34 a	16.34 a	180.13 a	0.403 b	117.45 a
10	39.96 a	1.40 a	16.56 a	191.30 a	0.511 a	156.43 a

说明: 表中数据为6个样地平均值, 同列中不同英文字母表示差异达显著水平($P < 0.05$)。

(表2)。土壤磷的过量积累一方面会造成环境的污染, 另一方面也可能会对雷笋品质产生影响。

2.2 不同施肥雷竹林土壤养分质量分数的变化

2.2.1 不同施肥雷竹林土壤有机质质量分数的变化

土壤有机质是衡量土壤肥力的重要指标。雷竹是对土壤肥力要求较高的竹种^[2], 特别是高产竹林, 一方面由于生产较多竹笋和新竹, 另一方面由于频繁耕作和施肥, 加速了土壤有机质矿化, 土壤有机质质量分数常常较低, 因而需施用有机肥, 以补充雷竹林土壤有机质。从表3可以看出, 3个有机肥和化肥混合处理(处理1~3)动态全过程中, 土壤有机质质量分数均显著高于纯化肥处理(处理4和处理5)和对照, 说明有机肥处理使雷竹林土壤有机质质量分数明显增加, 1a中2次施用有机肥可以使土壤有机质质量分数维持较高水平, 对雷竹林土壤肥力保持有很重要的作用。纯化肥处理动态全过程中, 土壤有机质质量分数从数值上看均比对照处理低, 但方差分析发现, 只有当年12月份和次年2月份显著低于对照组。化肥施用使土壤C/N下降。微生物为了繁衍, 就加速了土壤有机质分解, 加上每次施肥时的翻耕, 使土壤疏松通气, 又加速了土壤有机质矿化作用, 因此, 纯化肥处理后土壤有机质质量分数较低。

从动态变化来看, 3个有机肥和化肥混合处理的土壤有机质质量分数都表现为当年6月开始到8月呈升高趋势, 8月到12月下降, 12月到次年6月则一直呈上升态势。有机肥和化肥混合处理当年5月份施用了有机肥, 随着有机肥腐解, 土壤有机质质量分数增加, 到12月, 大部分有机肥已腐烂掉, 加上6月至12月间竹子生长需要大量营养, 在有机肥增加土壤有机质作用的同时, 有部分土壤有机物在微生物作用下矿化并释放营养元素供竹子生长, 因而到12月初时土壤有机质又开始下降。12月5日的第2次有机肥施用和12月中旬的地表覆盖, 促使土壤有机质质量分数又开始上升, 特别是到次年6月土壤有机质质量分数升至最高点, 这虽和第2次有机肥施用有关, 但笔者认为更重要的是由于地表有大量的覆盖物被分解输入, 因为从12月开始覆盖, 到次年6月已有大量覆盖物腐烂入土。2个化肥处理和对照处理的土壤有机质质量分数从当年6月试验开始到次年2月一直呈下降趋势, 次年4月开始到次年6月则又呈上升趋势, 到次年6月达到最高值。纯化肥和对照处理全年没有施用有机物, 特别是2个纯化肥处理, 化肥用量较大, 这样就刺激了土壤有机质的更多分解, 从而使有机质下降, 到次年4月, 由于当年12月覆盖的稻草和竹叶开始腐烂, 补充了土壤有机物质, 到次年6月腐烂较完全, 因而土壤有机质得到增加。次年6月, 对照和纯化肥处理土壤有机质质量分数均超过了当年6月的, 这种增加完全归功于冬季地表覆盖物, 这也证实了前文中3个有机物处理次年6月土壤有机质质量分数显著升高主要是由覆盖物造成的观点。经过1a试验, ck和处理1~5土壤有机质质量分数分别增加了4.84%, 18.24%, 10.62%, 16.09%, 3.55%, 3.60%, 有机肥和化肥混施增加幅度大, 其中施用厩肥的处理1和处理3增加更多, 施用菜籽饼(处理2)的土壤, 虽用量按氮素投入量计和处理1一致, 但1a后土壤有机质增加量还没有氮素投入量仅为它一半的处理大, 这是由于菜

籽饼较厩肥转化快, 易矿化的缘故。雷竹林经过 1 a 经营后, 土壤有机质有明显增加的结果和上文中随着栽培历史延长, 竹林土壤有机质质量分数上升趋势的结果是吻合的。

表 3 不同处理土壤养分质量分数动态变化

Table 3 Seasonal dynamics of soil nutrients in different treatments

土壤养分	处理	不同取样日期的土壤养分质量分数					
		2003-06	2003-08	2003-12	2004-02	2004-04	2004-06
有机质/ (g·kg ⁻¹)	ck	34.26 c	34.01 b	33.75 b	33.70 b	35.35 c	35.95 c
	1	35.31 b	39.54 a	35.08 a	35.17 a	40.19 a	41.75 a
	2	37.11 a	38.75 a	35.19 a	36.38 a	38.95 a	41.05 a
	3	35.01 b	37.99 a	34.87 a	35.00 a	37.95 b	39.53 b
	4	34.05 c	33.11 b	30.35 c	30.37 c	32.03 c	35.26 c
	5	34.11 c	33.51 b	30.79 c	31.01 bc	35.05 c	35.34 c
全氮/ (g·kg ⁻¹)	ck	1.29 d	1.20 d	1.19 c	1.10 d	1.17 c	1.28 b
	1	1.56 b	1.41 b	1.49 ab	1.59 a	1.48 a	1.64 a
	2	1.58 b	1.38 b	1.39 b	1.55 b	1.43 a	1.60 a
	3	1.40 c	1.26 c	1.36 b	1.40 c	1.28 b	1.55 a
	4	1.73 a	1.63 a	1.65 a	1.55 a	1.50 a	1.49 ab
	5	1.65 a	1.53 a	1.50 a	1.51 a	1.46 a	1.35 b
水解氮/ (mg·kg ⁻¹)	ck	127.65 d	21.30 d	20.61 d	27.45 c	16.30 d	21.40 d
	1	225.30 b	53.40 b	53.40 b	223.70 a	173.70 a	234.30 a
	2	227.40 b	43.50 b	50.11 b	201.95 a	197.30 a	247.40 a
	3	201.75 c	33.90 c	31.70 c	173.50 b	163.20 b	202.40 b
	4	275.95 a	87.60 a	87.60 a	199.60 a	189.90 a	73.50 c
	5	250.15 a	76.90 a	70.70 a	150.45 b	147.20 c	66.10 c
全磷/ (g·kg ⁻¹)	ck	0.275 d	0.260 d	0.250 c	0.241 c	0.233 c	0.150 c
	1	0.313 b	0.298 b	0.315 a	0.333 a	0.329 a	0.362 a
	2	0.315 b	0.301 b	0.308 a	0.331 a	0.327 a	0.356 a
	3	0.295 c	0.275 c	0.289 b	0.320 b	0.315 b	0.330 b
	4	0.337 a	0.335 a	0.323 a	0.339 a	0.330 a	0.353 a
	5	0.318 b	0.309 b	0.300 b	0.320 b	0.327 a	0.336 b
有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	ck	16.65 d	14.35 d	10.98 c	9.11 c	8.43 c	13.17 c
	1	225.41 b	137.53 b	128.69 a	187.90 a	173.40 a	258.31 a
	2	222.31 b	127.35 b	127.95 a	186.49 a	160.33 a	255.95 a
	3	203.42 c	101.66 c	113.74 b	155.09 b	147.95 b	237.65 b
	4	235.91 a	180.45 a	130.33 a	203.19 a	180.03 a	285.01 a
	5	211.00 b	123.65 b	103.74 b	173.45 b	146.65 b	230.35 b

说明: 表中数据为 3 个重复的平均值, 同种养分同列中不同英文字母表示差异达显著水平 ($P < 0.05$)。

2.2.2 不同施肥雷竹林土壤全氮和水解氮质量分数的变化 表 3 显示, 5 个施肥处理土壤全氮和水解氮质量分数从当年 6 月开始至 8 月呈下降趋势, 并低态势一直维持到 12 月, 翌年 2 月又显著升高, 2 月以后情况较为复杂, 3 个有机肥和化肥混合处理质量分数进一步上升, 而 2 个纯化肥处理则又明显下降。5 月施用了有机肥或化肥, 使土壤氮素水平提高, 一直到 6 月土壤全氮和水解氮质量分数仍较高, 6 月后, 随着竹子大量营养生长, 需要大量氮素, 使全氮和水解氮质量分数急剧下降。已有的研究表明, 竹子在 5 月后, 一直到 10 月, 土壤氮素都处于耗竭状态。雷竹是一种对氮素需求量很高的竹种, 6~10 月雷竹处于旺盛的营养生长期, 对土壤氮素需要量很大, 加上此季节多雨, 土壤氮也容易流失, 因此, 该试验中虽然在 9 月各施肥处理均补充了化学氮素, 但到 12 月初, 土壤全氮和水解氮仍维持在较低水平。由于 11 月以后, 特别是进入 12 月, 是大量笋芽的分化期^[2], 为了获得高的竹笋产量, 笋芽分化期的土壤养分供应状况是至关重要的因素。因此, 这里也启示我们, 雷竹林 10 月以后, 土壤养管理应加强。进入翌年 2 月后, 随着雷竹营养生长减慢和 12 月的肥料补充, 土壤氮素质量分数又明显升高, 到翌年 4 月, 由于大量出笋消耗, 土壤全氮和水解氮质量分数又稍有下降。

但到翌年6月,3个有机肥和化肥混合处理,随着覆盖物和有机肥大量腐烂,土壤有机质增加,土壤氮素特别是全氮质量分数显著上升,而2个纯化肥处理则又明显下降。1a动态试验后,3个有机肥和化肥混合处理(处理1~3),土壤全氮分别增加了5.13%,0.63%和3.33%;水解氮分别增加了3.99%,4.21%和0.32%。2个纯化肥处理(处理4和处理5)全氮分别下降了3.87%和18.0%,水解氮分别下降了73.36%和73.58%。说明纯施化学氮肥,即使施肥量很大(处理4),土壤的氮素含量也无法维持。要使雷竹林氮素维持较高水平,保证丰产,必须施用有机肥料。

比较不同处理可以发现(表3),2个纯化肥处理,从当年6月至翌年4月,土壤全氮和水解氮质量分数均较高,特别是施肥量较大的处理4。但到翌年6月,随着土壤有机质的增加,土壤全氮质量分数明显表现出3个有机肥和化肥混合处理较高。随着3~4月大量出笋,土壤消耗有效态氮量增加,又无充足的有机态氮补充。因而2个纯化肥处理到6月时,土壤水解氮质量分数急剧下降。从2个纯化肥处理间比较来看,动态全过程中,土壤全氮和水解氮质量分数始终无显著差异,说明处理中的施肥量偏大,过多的化学氮素施入土壤,土壤无法全部吸附保存,加上流水的作用,使氮素大量流失,造成氮肥利用率下降。比较3个有机肥和化肥混合处理发现,肥料施用较少的处理3,土壤全氮和水解氮质量分数比处理1和处理2显著低,而氮素输入量相等的厩肥和菜籽饼处理之间,土壤氮素质量分数始终无显著差异。

2.2.3 不同施肥雷竹林土壤全磷和有效磷质量分数的变化 对照处理土壤全磷和有效磷质量分数从当年6月开始至翌年4月一直下降(表3),说明在不施肥情况下,土壤磷素处于消耗状态,质量分数不断下降。到了翌年6月,全磷和有效磷质量分数又有明显上升趋势,这是由于冬季覆盖物腐烂释放补充了土壤磷,但从1a的动态来看,全磷和有效磷分别减少了9.09%和20.90%。

5个施肥处理土壤全磷和有效磷质量分数的动态变化和土壤氮素变化有相似之处,即当年6月质量分数较高,随着雷竹营养生长,土壤全磷和有效磷质量分数下降,一直到当年12月初,土壤磷素质量分数仍低于试验开始的6月初。由于12月初的施肥,加上冬季营养生长减缓,翌年2月土壤全磷和有效磷质量分数又显著上升。从2月初开始到4月初,由于出笋的消耗,土壤磷素又稍有下降。到次年6月则随着有机肥特别是地表覆盖物腐烂,土壤全磷和有效磷质量分数又明显上升。经过1a试验,土壤全磷和有效磷质量分数均明显增加。从处理1至处理5,土壤全磷分别增加了15.65%,13.02%,11.86%,4.75%和5.66%;土壤有效磷分别增加了14.59%,15.17%,16.83%,20.81%和9.17%。

比较不同处理可以看到,3个有机肥和化肥混合处理中施肥量较多的处理1和处理2,土壤全磷和有效磷质量分数始终高于施肥量较少的处理3。和土壤氮素不同的是,2个纯化肥处理中,施肥量较多的处理4,土壤全磷和有效磷质量分数动态全过程均显著高于施肥量较少的处理5,这是由于磷素在土壤中难移动,过量使用也不会造成大量流失。这也是造成目前生产上雷竹土壤磷素积累不断增加的原因。

3 结论

随着雷竹栽种历史延长,林地土壤有机质、全磷和有效磷质量分数显著增加,C/N明显升高。

1a的肥料定位试验表明,有机肥和化肥混合处理动态过程中,雷竹林地土壤有机质质量分数均显著高于无机肥处理,但无论是有机肥和化肥混合处理还是纯化肥处理,经过1a试验后,土壤有机质质量分数都有明显增加,5个施肥处理1a后,土壤有机质质量分数平均增加了10.42%。3个有机肥和化肥处理间比较,随着施肥数量增加,土壤全氮、全磷、水解氮和有效磷质量分数均显著增加;2个纯化肥处理间相比,施肥量大的处理土壤全磷和有效磷质量分数显著高于施肥量少的处理,而土壤全氮和水解氮质量分数在2个处理间无显著差异。1a肥料试验中,当年8~12月,土壤全氮、水解氮、全磷和有效磷质量分数处于较低水平,翌年2月开始上升,4月又有下降趋势,到试验结束(翌年6月),所有施肥处理土壤全磷和有效磷均明显上升,1a中5个施肥处理土壤全磷平均增加了10.19%。有效磷平均增加了15.31%,而氮素质量分数只有3个有机肥和化肥混合处理明显增加,其

中全氮和水解氮分别平均增加了 3.03% 和 2.84%，2 个纯化肥处理，全氮和水解氮质量分数反而下降，比试验开始时分别平均下降了 15.94% 和 73.47%。

参考文献:

- [1] 方伟, 何钧潮, 卢可学. 雷竹早产高效栽培技术[J]. 浙江林学院学报, 1994, 11(2): 121-128.
- [2] 汪祖潭, 方伟, 何钧潮. 雷竹笋用林高产高效栽培技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 5-30.
- [3] 姜培坤, 俞益武, 金爱武, 等. 丰产雷竹林地土壤养分分析[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(4): 50-53.
- [4] 金爱武, 周国模, 郑炳松, 等. 雷竹保护地栽培林地退化机制的初步研究[J]. 福建林学院学报, 1999, 19(1): 94-96.
- [5] 姜培坤, 俞益武, 张立钦, 等. 雷竹林地土壤酶活性研究[J]. 浙江林学院学报, 2000, 17(2): 132-136.
- [6] 姜培坤, 徐秋芳. 雷竹笋硝酸盐含量及其与施肥的关系[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(1): 10-14.
- [7] 姜培坤, 叶正钱, 徐秋芳. 高效栽培雷竹林地土壤重金属含量的分析研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 61-63.
- [8] 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: 106-226.
- [9] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.

Soil nutrients in response to intensive management of *Phyllostachys praecox*

JIANG Pei-kun¹, XU Qiu-fang¹, CHU Jia-miao², WU Li-jun³

(1. School of Environmental Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Department of Landscape Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Agricultural Technology Extension Center of Lin'an City, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: The purpose is to investigate the status and evolution of soil nutrients when traditional practice shifted to intensive one in *Phyllostachys praecox* plantation. Soil samples under 4, 6, 8 and 10-year's intensive management respectively were collected. A fertilizer trial including different types and rates of fertilizer was conducted from August 2003 to June 2004, six treatments were respectively controled, including three mixture treatments of different amount of manure and mineral fertilizer and two pure treatments of single mineral fertilizer but different in rates, soils were sampled every two months. The results showd that the contents of soil total organic carbon (TOC), total phosphorous (TP), available phosphorous (AP) and ratio of TOC to TN (C/N) were increasing with prolong of intensive practice (from 4 to 10 years). TOC were elevated under all the treatments after one-year trial with an average of 10.42%, especially in three mixture treatments. In comparison of three mixture treatments, soil TN, TP, AP and hydrolysable nitrogen (HN) apparently augmented with the increasing of fertilizer amount. As for the two pure treatments of single mineral fertilizer, significant differences in TP and AP between lower and higher amount of mineral fertilizer were observed, but not in TN and HN. The seasonal dynamic of soil nutrients appeared in wave curve, soil nutrients were at relative lower level from August to December, increased from December to February of next year, and then declined again until the end of experiment in June. Soil TP and AP were elevated by an average of 10.19% and 15.31% respectively for all the treatments after one-year's trial, however, soil TN and HN increased only in the three mixture treatment (to 3.03% and 2.84% respectively), declined (to 15.94% and 73.47% respectively) in the two pure treatments. [Ch, 3 tab. 9 ref.]

Key words: pedology; *Phyllostachys praecox*; intensive practice; soil nutrients