

腐解 3 个月后杉木枯枝落叶及腐殖土中的化感成分对杉木种子的化感效应

曹光球¹, 林思祖^{1,①}, 胡宗庆², 刘学芝³, 王凌霄¹

(1. 福建农林大学, 福建 福州 350002; 2. 福建林业职业技术学院, 福建 南平 353000;

3. 郑州大学环境技术咨询工程公司, 河南 郑州 450002)

摘要: 对腐解 3 个月后杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 枯枝落叶及腐殖土中的化感成分进行了提取分离, 并用杉木种子进行了生物检测。结果表明, 与对照相比, 杉木枯枝落叶中的极性和弱极性化感成分以及腐殖土中的弱极性化感成分对杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势、胚根长和胚轴长均有一定的抑制作用, 但对幼苗干质量的抑制作用不明显。随浓度的提高, 杉木枯枝落叶中的弱极性化感成分对杉木种子的绝对发芽势和胚轴长的抑制作用明显提高, 极性化感成分对胚根长的抑制作用不断减小。随腐殖土中弱极性化感成分浓度的提高, 对杉木种子绝对发芽率的抑制作用增加; 腐殖土中的极性化感成分对杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势及胚轴长的抑制作用均随着浓度的升高而逐渐增强。

关键词: 杉木; 枯枝落叶; 腐解阶段; 化感效应

中图分类号: S718.5; Q948.113 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2007)04-0056-05

Allelopathic effects of allelochemicals in *Cunninghamia lanceolata* litter and humus soil on its seed germination after decomposing for three months CAO Guang-qiu¹, LIN Si-zu^{1,①}, HU Zong-qing², LIU Xue-zhi³, WANG Ling-xiao¹ (1. Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Fujian Forestry Professional and Technological College, Nanping 353000, China; 3. Engineering Corporation of Environment Technology Consultation, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2007, 16(4): 56-60

Abstract: Allelochemicals in *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. litter and humus soil were extracted after decomposing for three months and *C. lanceolata* seed germination bioassay was conducted. The results showed that compared to control, polar and little-polar allelochemicals in litter and little-polar allelochemicals in humus soil had significant inhibition to absolute germination rate, absolute germination potential, radical length and plumular axis length of seeds, but their inhibitions to dry weight of seedling were not obvious. The inhibition of little-polar allelochemicals in litter to absolute germination potential and plumular axis length obviously increased and that of polar allelochemicals in litter to radical length constantly decreased with concentration rising. The inhibition of little-polar allelochemicals in humus soil to absolute germination rate and that of polar allelochemicals in humus soil to absolute germination rate, absolute germination potential and plumular axis length of seeds gradually enhanced with concentration rising.

Key words: *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; litter; decomposed stage; allelopathic effect

杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 自毒作用是杉木纯林连栽地地力衰退的重要原因之一。早在 20 世纪 90 年代, 国内学者就对杉木人工林的自毒作用展开了研究, 迄今为止已经取得了比较丰硕的成果^[1-14]。植株残体及凋落物腐解是化感成分的主要来源之一。杉木凋落物中的化感成分在土壤微生物的作用下逐步向环境释放, 并且不同腐解阶段的化感成分种类不同, 类似结果已被诸多

学者证实^[15-17]。然而到目前为止, 杉木叶等器官以及根际土壤中的化感成分对杉木自毒效应的评价等

收稿日期: 2006-09-04

基金资助: 福建省自然科学基金资助项目 (B0610002)、福建省教育厅资助项目 (JB05298) 和福建省森林培育重点学科资助项目

作者简介: 曹光球 (1974-), 男, 福建上杭人, 博士, 助理研究员, 主要从事森林培育、化学生态学等领域的研究。

① 通讯作者 E-mail: szlin53@126.com

研究都局限于某一时间点, 研究结果存在片面性, 难以准确阐明杉木自毒作用的动态变化。为此, 作者通过跟踪研究不同腐解阶段杉木枯枝落叶及腐殖土中化感成分对杉木种子的化感作用, 探讨杉木自毒效应的动态变化规律, 为深入持续研究杉木的自毒作用奠定基础。本文主要报道了腐解3个月后杉木枯枝落叶及腐殖土中的化感成分对杉木种子的化感效应。

1 材料和方法

1.1 材料

2003年12月, 在福建省南平市福建农林大学西芹教学林场连栽2代的杉木人工林当年采伐迹地选取尚未接触地表的枯枝落叶, 带回实验室备用。另外, 同时、同地采集该杉木人工林山坡上部20~60 cm土层的土壤及荒迹地60~100 cm土层的黄心土, 按体积比1:5比例混合后作为腐殖土。分别称取2 500 g腐殖土和100 g枯枝落叶, 充分混合后, 装入黑色腐解桶内腐解。腐解过程在室内进行, 腐解期间每隔15 d浇1次清水, 每次100 mL。腐解3个月后, 将尚未腐解的杉木枯枝落叶及腐殖土分别阴干后备用。

供试的杉木种子由福建洋口国有林场提供, 千粒重7.496 2 g, 相对含水率10.05%。

1.2 方法

1.2.1 化感成分的提取及分离 采用V(无水乙醇):V(丙酮):V(水)=2:2:1混合溶剂分别提取枯枝落叶及腐殖土中的化感成分, 各浸提3次, 每次2 d。提取液过滤后, 3 500 r·min⁻¹离心除去残渣, 旋转蒸发仪(60℃)浓缩后, 所得浓缩液用丙酮进行萃取分离, 获得溶于丙酮的弱极性感成分和不溶于丙酮的极性感成分。

分别称取上述提取物0.04 g, 2 mL无水乙醇溶解后, 用蒸馏水定容至200 mL, 配成浓度为200 mg·L⁻¹的处理液, 然后再分别用蒸馏水稀释成100和50 mg·L⁻¹处理液。

1.2.2 化感成分的生物检测方法 采用发芽实验进行化感成分的生物检测。发芽实验在人工气候箱内进行, 温度27℃, 相对湿度60%。发芽前, 培养皿于180℃消毒2 h; 种子用5.4 mg·L⁻¹福尔马林溶液浸泡30 min, 绞干后闷30 min。将消毒过的种

子清洗后置于45℃蒸馏水中, 自然冷却并浸种24 h, 最后放入培养皿内进行发芽实验。每个培养皿100粒种子, 每处理4次重复, 每皿每天加2 mL处理液。对照I为蒸馏水, 对照II为未加枯枝落叶的腐殖土提取液(浓度200 mg·L⁻¹)。第3天统计发芽的种子数, 第10天测定绝对发芽率和绝对发芽势, 第15天测量胚根长、胚轴长及幼苗干质量。

1.3 数据处理

采用DPS统计分析软件对各发芽指标进行方差分析和LSD多重比较分析。

2 结果和分析

2.1 杉木枯枝落叶中的化感成分对杉木种子的化感效应分析

2.1.1 弱极性感成分的化感效应 腐解3个月后, 杉木枯枝落叶中的弱极性感成分对杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势、胚根长、胚轴长及幼苗干质量具有不同程度的化感效应, 具体实验结果见表1。由表1可见, 高浓度(200 mg·L⁻¹)弱极性感成分处理液对杉木种子绝对发芽势和胚轴长的抑制作用强于低浓度处理组, 且随浓度升高, 其抑制作用逐渐增强, 而对胚根长的作用则表现出相反趋势。就绝对发芽率及幼苗干质量而言, 则表现为100 mg·L⁻¹处理组的抑制作用较强, 200 mg·L⁻¹处理组的抑制作用较弱。与50 mg·L⁻¹处理组相比, 200 mg·L⁻¹处理组杉木种子的绝对发芽率及胚根长分别提高0.42%和4.76%, 而绝对发芽势、胚轴长及幼苗干质量则分别降低21.72%、22.67%和13.89%。方差分析及多重比较结果表明, 3个处理组的绝对发芽率、绝对发芽势和胚根长均与对照组(蒸馏水)存在极显著差异; 200 mg·L⁻¹处理组的胚轴长与对照组(蒸馏水)的差异达到显著水平。

2.1.2 极性感成分的化感效应 腐解3个月后, 杉木枯枝落叶中的极性感成分对杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势、胚根长、胚轴长及幼苗干质量具有不同程度的化感效应, 实验结果见表2。由表2可见, 杉木枯枝落叶中的极性感成分对杉木种子胚根长的抑制作用随浓度升高而逐渐减弱; 对绝对发芽率、绝对发芽势和胚轴长的抑制作用则表现出低浓度(50~100 mg·L⁻¹)处理组较弱、高浓度(100~200 mg·L⁻¹)处理组较强的趋势。与对照

组(蒸馏水)相比,200 mg · L⁻¹处理组杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势、胚根长、胚轴长及幼苗干质量分别降低21.00%、50.75%、35.45%、15.24%和15.63%。方差分析及多重比较结果表明,100 mg · L⁻¹处理组杉木种子的绝对发芽率与50和200

mg · L⁻¹处理组存在极显著差异;不同浓度处理组的绝对发芽势、胚根长及50和200 mg · L⁻¹处理组的绝对发芽率均与对照组存在极显著差异;200 mg · L⁻¹处理组的胚轴长与对照组相比差异达到显著水平。

表1 腐解3个月后杉木枯枝落叶中的弱极性化感成分对杉木种子发芽的化感效应¹⁾

Table 1 Allelopathic effect of little-polar allelochemicals in *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. litter on its seed germination after decomposing for three months¹⁾

| 浓度/mg · L ⁻¹ Concentration | 绝对发芽率/% Absolute germination rate | 绝对发芽势/% Absolute germination potential | 胚根长/cm Radical length | 胚轴长/cm Plumular axis length | 幼苗干质量/g Dry weight of seedling |
|--|--------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 50 | 76.83 ± 1.29Bb | 41.62 ± 5.87Ba | 1.26 ± 0.44Bb | 1.50 ± 0.07Aab | 0.36 ± 0.06Aa |
| 100 | 73.85 ± 1.30Bb | 38.47 ± 9.45Ba | 1.31 ± 0.34Bb | 1.41 ± 0.25Aab | 0.25 ± 0.06Aa |
| 200 | 77.15 ± 3.77Bb | 32.58 ± 1.41Bba | 1.32 ± 0.09Bb | 1.16 ± 0.03Ab | 0.31 ± 0.07Aa |
| CK I | 86.86 ± 1.31Aa | 66.58 ± 2.49Aa | 2.20 ± 0.03Aa | 1.64 ± 0.07Aa | 0.32 ± 0.01Aa |

¹⁾表中数据为4次重复的平均值 Datums in the table are the average of four replications; 同列中不同的大小写字母分别表示在0.01和0.05水平上差异显著 Different capitals and small letters in the same column indicate the significant difference at 0.01 and 0.05 levels respectively; CK I: 蒸馏水 Distilled water.

表2 腐解3个月后杉木枯枝落叶中的极性化感成分对杉木种子发芽的化感效应¹⁾

Table 2 Allelopathic effect of polar allelochemicals in *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. litter on its seed germination after decomposing for three months¹⁾

| 浓度/mg · L ⁻¹ Concentration | 绝对发芽率/% Absolute germination rate | 绝对发芽势/% Absolute germination potential | 胚根长/cm Radical length | 胚轴长/cm Plumular axis length | 幼苗干质量/g Dry weight of seedling |
|--|--------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 50 | 73.98 ± 8.33BCcd | 28.19 ± 3.57Bc | 0.98 ± 0.02Bc | 1.40 ± 0.05Aab | 0.25 ± 0.04Aa |
| 100 | 80.30 ± 2.45Abab | 44.54 ± 2.96Bb | 1.23 ± 0.08Bbc | 1.62 ± 0.06Aa | 0.23 ± 0.04Aa |
| 200 | 68.62 ± 2.88BCcd | 32.79 ± 4.76Bbc | 1.42 ± 0.03Bb | 1.39 ± 0.07Aab | 0.27 ± 0.02Aa |
| CK I | 86.86 ± 1.31Aa | 66.58 ± 2.49Aa | 2.20 ± 0.03Aa | 1.64 ± 0.07Aa | 0.32 ± 0.01Aa |

¹⁾表中数据为4次重复的平均值 Datums in the table are the average of four replications; 同列中不同的大小写字母分别表示在0.01和0.05水平上差异显著 Different capitals and small letters in the same column indicate the significant difference at 0.01 and 0.05 levels respectively; CK I: 蒸馏水 Distilled water.

2.2 腐殖土中的化感成分对杉木种子的化感效应分析

2.2.1 弱极性化感成分的化感效应

腐解3个月后,腐殖土中的弱极性化感成分对杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势、胚根长、胚轴长及幼苗干质量具有不同程度的影响,实验结果见表3。由表3可以看出,腐殖土中的弱极性化感成分对杉木种子绝对发芽率的抑制作用随浓度升高而逐渐增强。在50~100 mg · L⁻¹浓度范围内,腐殖土中的弱极性化感成分对胚根长和胚轴长的抑制作用逐渐增强,而在100~200 mg · L⁻¹浓度范围内则表现为逐渐减弱。由不同浓度处理组间的比较发现,200 mg · L⁻¹处理组的杉木种子的绝对发芽率、胚根长及幼苗干质量分别比50 mg · L⁻¹处理组降低了12.28%、5.61%和15.38%,而绝对发芽势及胚轴长则分别增加了19.17%和1.64%。方差分析及多重比较结果表明,

3个处理组杉木种子的绝对发芽率和胚根长与对照组差异极显著,3个处理组的胚轴长均与对照组有显著差异。

2.2.2 极性化感成分的化感效应

腐解3个月后,腐殖土中的极性化感成分对杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势、胚根长、胚轴长及幼苗干质量具有不同程度的影响,实验结果见表4。由表4可见,腐殖土中的极性化感成分高浓度处理组对杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势、胚根长、胚轴长及幼苗干质量的抑制作用大于低浓度处理组,200 mg · L⁻¹处理组杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势、胚根长、胚轴长及幼苗干质量比50 mg · L⁻¹处理组分别降低26.14%、43.68%、13.01%、17.86%以及13.79%。方差分析及多重比较结果表明,3个处理组杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势和胚根长均与对照组间存在极显著差异。

表3 腐解3个月后腐殖土中的弱极性化感成分对杉木种子发芽的化感效应¹⁾Table 3 Allelopathic effect of little-polar allelochemicals in humus soil on seed germination of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. after decomposing for three months¹⁾

| 浓度/mg · L ⁻¹ Concentration | 绝对发芽率/% Absolute germination rate | 绝对发芽势/% Absolute germination potential | 胚根长/cm Radical length | 胚轴长/cm Plumular axis length | 幼苗干质量/g Dry weight of seedling |
|--|--------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 50 | 71.43 ± 8.45Bb | 39.33 ± 7.91Bc | 1.07 ± 0.02Bbc | 1.22 ± 0.08Ab | 0.26 ± 0.06Aa |
| 100 | 70.17 ± 5.74Bb | 58.91 ± 6.50ABab | 0.83 ± 0.07Bc | 1.14 ± 0.01Ab | 0.22 ± 0.03Aa |
| 200 | 62.66 ± 3.70Bbc | 46.87 ± 9.16ABbc | 1.01 ± 0.04Bbc | 1.24 ± 0.04Ab | 0.22 ± 0.09Aa |
| CK II | 82.23 ± 1.14Aa | 60.42 ± 1.88Aa | 2.18 ± 0.05Aa | 1.49 ± 0.02Aa | 0.28 ± 0.01Aa |

¹⁾ 表中数据为4次重复的平均值 Datums in the table are the average of four replications; 同列中不同的大小写字母分别表示在0.01和0.05水平上差异显著 Different capitals and small letters in the same column indicate the significant difference at 0.01 and 0.05 levels respectively; CK II: 未加枯枝落叶的腐殖土提取液 Extraction solution of humus soil without adding litter.

表4 腐解3个月后腐殖土中的极性化感成分对杉木种子发芽的化感效应¹⁾Table 4 Allelopathic effect of polar allelochemicals in humus soil on seed germination of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. after decomposing for three months¹⁾

| 浓度/mg · L ⁻¹ Concentration | 绝对发芽率/% Absolute germination rate | 绝对发芽势/% Absolute germination potential | 胚根长/cm Radical length | 胚轴长/cm Plumular axis length | 幼苗干质量/g Dry weight of seedling |
|--|--------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 50 | 71.97 ± 2.14Bb | 35.46 ± 0.16BCb | 1.23 ± 0.03Bb | 1.40 ± 0.08Aab | 0.29 ± 0.06Aa |
| 100 | 64.82 ± 5.56Bbc | 29.97 ± 1.02BCbc | 1.27 ± 0.05Bb | 1.25 ± 0.05Ab | 0.26 ± 0.04Aa |
| 200 | 53.16 ± 4.59Cd | 19.97 ± 1.36Cc | 1.07 ± 0.02Bb | 1.15 ± 0.05Ab | 0.25 ± 0.01Aa |
| CK II | 84.12 ± 1.27Aa | 58.14 ± 1.12Aa | 2.11 ± 0.08Aa | 1.38 ± 0.02Aa | 0.29 ± 0.01Aa |

¹⁾ 表中数据为4次重复的平均值 Datums in the table are the average of four replications; 同列中不同的大小写字母分别表示在0.01和0.05水平上差异显著 Different capitals and small letters in the same column indicate the significant difference at 0.01 and 0.05 levels respectively; CK II: 未加枯枝落叶的腐殖土提取液 Extraction solution of humus soil without adding litter.

3 小结和讨论

研究发现,由于化感成分在2个不相溶溶剂或部分互溶溶剂中的溶解度不同,因此,可利用这一特性达到对化感成分进行分离纯化的目的^[18-20]。作者以丙酮为萃取剂,从杉木枯枝落叶和腐殖土中分别分离出弱极性化感成分和极性化感成分,并利用杉木种子进行了化感作用的生物测定。实验结果表明,腐解3个月后,随浓度的提高,杉木枯枝落叶中的弱极性化感成分对杉木种子的绝对发芽势和胚轴长的抑制作用逐渐增强,而对胚根长的抑制作用则逐渐减小;高浓度极性化感成分对绝对发芽率和胚轴长的抑制作用大于低浓度处理组,但对绝对发芽势、胚根长及幼苗干质量的抑制作用则小于低浓度处理组。高浓度腐殖土中的弱极性化感成分对杉木种子的绝对发芽率、胚根长及幼苗干质量的抑制作用大于低浓度处理组,而对绝对发芽势和胚轴长的抑制作用则小于低浓度处理组;高浓度腐殖土中的化感成分对杉木种子的绝对发芽率、绝对发芽势、胚根长、胚轴长及幼苗干质量的抑制作用均大于低浓度处理组。

Rice 认为,在种子萌发和胚根生长过程中,化感成分能影响激素的合成和利用,改变细胞分裂及伸长的亚显微结构,从而对膜透性、根系对矿物质的吸收、光合和呼吸作用、蛋白质合成及茎对水分的传导产生影响^[21]。腐解3个月后,枯枝落叶及腐殖土中的化感成分对杉木种子的各发芽指标具有不同效应,与枯枝落叶及腐殖土中化感成分的种类不同有关,部分化感成分对杉木种子某些发芽指标的抑制作用较小,而对另外一些发芽指标的抑制作用却较强,说明杉木所含的自毒物质对杉木种子发芽有一定的抑制作用,其抑制作用的强弱因自毒物质种类不同而异。有关杉木枯枝落叶及腐殖土中自毒成分的种类鉴定及结构测定则有待进一步研究。

自然资源是有限的,一种生物最终能否生存,取决于其在一定环境条件下的竞争效率。在逆境条件下,植物通过物理手段与其他植物竞争有限资源的能力大为降低,化学方法成为其竞争的重要手段之一。杉木人工林多代连栽引起的林分生态环境恶化在客观上加速了杉木人工林自毒作用的进程。在自然界中,自毒物质具有一定的积累过程。杉木的自毒物质在林地土壤中积累到一定程度后,可通过影响土壤微生物种类及活性、提高土壤水势及损害细

胞结构等影响杉木的生长,且随时间的延长,这种伤害作用更加明显。杉木枯枝落叶及腐殖土中的自毒物质对杉木种子发芽的抑制效应与自毒物质损害杉木幼苗细胞结构、减缓幼苗根尖细胞的分裂速度、降低根系的吸收能力等紧密相关。

参考文献:

- [1] 曹光球,林思祖,刘雁,等.几个树种化感物质的初步分离与生物测定[J].中国生态农业学报,2002,10(2):22-25.
- [2] 陈龙池,汪思龙.杉木根系分泌物化感作用研究[J].生态学报,2003,23(2):393-398.
- [3] 杜玲,曹光球,林思祖,等.杉木根际土壤提取物对杉木种子的化感效应[J].西北植物学报,2003,23(2):323-327.
- [4] 黄志群,廖利平,汪思龙,等.杉木根桩和周围土壤酚含量的变化及其化感效应[J].应用生态学报,2000,11(2):190-192.
- [5] 林思祖,曹光球,黄世国,等.杉木经几种植物水浸液处理后叶绿素、质膜透性及气孔的变化研究[J].中国生态农业学报,2003,11(3):29-31.
- [6] 林思祖,黄世国,曹光球,等.杉木自毒作用的研究[J].应用生态学报,1999,10(6):661-664.
- [7] 刘雁,林思祖,曹光球,等.杉木及其伴生树种化感物质的分离与生物测定[J].福建林学院学报,2001,21(3):268-271.
- [8] 马越强,廖利平,杨跃军,等.香草醛对杉木幼苗生长的影响[J].应用生态学报,1998,9(2):128-132.
- [9] 尤华明,林思祖,黄志群,等.几个常见植物种水浸液对杉木叶绿体的影响[J].福建林学院学报,1998,18(4):310-314.
- [10] 曹光球,林思祖,杜玲.肉桂酸和阿魏酸对杉木化感作用的生物评价[J].中国生态农业学报,2003,11(2):8-10.
- [11] 曹光球,林思祖,吴淑芳,等.杉木水浸液处理杉木6年后杉木生物量及其分配[J].西北植物学报,2002,22(4):894-899.
- [12] 曹光球,林思祖,黄世国.阿魏酸、肉桂酸对杉木种子发芽的效应[J].植物资源与环境学报,2001,10(2):63-64.
- [13] Huang Z Q, Liao L P, Wang S L, et al. Allelopathy of phenolics from decomposing stump-roots in replant Chinese fir woodland [J]. Journal of Chemical Ecology, 2000, 26(4): 2211-2219.
- [14] Lin S Z, Cao G Q, Du L, et al. Effect of allelochemicals of Chinese fir root extracted by supercritical CO₂ extraction on Chinese fir [J]. Journal of Forestry Research, 2003, 14(2): 122-126.
- [15] Patrick Z A. Phytotoxic substance associated with the decomposition in soil plant residues [J]. Soil Science, 1963, 111(1): 13-19.
- [16] Gonzalez L, Souto X C, Reigosa M J. Allelopathic effects of *Acacia melanoxylon* R. Br. phylloides during their decomposition [J]. Forest Ecology and Management, 1995, 77(4): 53-63.
- [17] 韩丽梅,沈其荣,王树起,等.大豆根茬木霉腐解产物的鉴定及其化感作用的研究[J].应用生态学报,2002,13(10):1295-1299.
- [18] Tang C H, Tong C C. Collection and identification of allelopathic compounds from the undisturbed root system of *Bigaltea limpopress* [J]. Plant Physiology, 1982, 69(3): 458-459.
- [19] Thomas S, Wang C H. Soil phenolic acids as plant inhibitors [J]. Soil Science, 1967, 103(4): 239-246.
- [20] Lawongsa P, Thompson G K. Identification of organic acids by HPLC in soil [J]. Soil Science, 1987, 33(2): 299-302.
- [21] Rice E L. Allelopathy [M]. New York: Academic Press, 1984. 1-50.

欢迎订阅 2008 年《林业调查规划》

《林业调查规划》是由云南省林业调查规划院和西南地区林业信息中心共同主办的林业科技期刊,1976年创刊,国内外公开发行。本刊被全国多家期刊数据库收录,为中国科技核心期刊、中国林业核心期刊、首届“CAJ-CD规范”执行优秀期刊。本刊立足云南、面向全国,开辟了森林经理、“3S”技术、森林资源管理、生物多样性保护、生态建设、自然保护区建设、退耕还林、营造林技术、种苗建设、森林旅游、园林设计、林业开发、病虫害防治、社会林业、专家论坛等栏目。本刊以技术性、实用性、创新性为原则,具有较强的指导性、知识性和可读性,是广大从事林业生产、科研、教学的科技工作者、领导和决策者不可或缺的参考资料。

本刊为双月刊,大16开本,每期160页,每单月底出刊。

国际标准连续出版物号 ISSN 1671-3168,中国标准连续出版物号 CN 53-1172/S。每期定价10元,全年60元;每年有增刊2~3册,500多页,全年定价40元;每年定价共计100元。由编辑部自办发行,订阅单位和个人可通过邮局或银行汇款。地址:云南省昆明市人民东路289号云南省林业调查规划院《林业调查规划》编辑部,邮编:650051,联系人:许春霞。电话:0871-3318347,3332538;传真:0871-3318347;E-mail:ynfip@vip.163.com;网址: <http://lydgh.periodicals.net.cn/>。开户银行:昆明市农行双龙支行;户名:云南省林业调查规划院;帐号:029101040002050。欢迎订阅和投稿,欢迎社会各界刊登广告。