

贵州省溶岩区植被类型对凋落物量、 土壤有机碳及速效养分的影响

高 晟, 吴永波, 薛建辉, 姚 健

(南京林业大学 江苏省林业生态工程重点实验室, 江苏 南京 210037)

摘 要: 在贵州省溶岩区的草地和人工林内设立 1 m×1 m(乔木 20 m×20 m)的样地,分析样方内凋落物积累量、凋落物碳氮含量、土壤速效养分含量、土壤有机碳(SOC)和可溶性碳(DOC)含量变化。结果表明,天然草地、杜仲林、刺槐林、冰脆李林、桉木林、滇柏林凋落物积累量依次为 1.62, 5.29, 3.32, 4.26, 9.68 和 1.81 t/hm²;与天然草地相比,人工植被的凋落物量为天然草地的 1.12~5.98 倍,在植被恢复条件下凋落物 C/N 由 12.84 提高到 57.68。凋落物量对土壤速效钾含量有重要的影响,两者呈极显著的正相关关系,但仅仅具有较高的凋落物量不足以提高土壤碱解氮和有效磷含量。与天然草地(SOC 含量 7.28 g/kg)相比,杜仲林、刺槐林、冰脆李林、桉木林和滇柏林的有机碳含量分别提高了 5.24, 12.14, 6.04, 8.93 和 6.78 倍。凋落物量与土壤有机碳线性相关关系的拟合优度较低,凋落物积累量与 0—10 cm 土层土壤可溶性碳存在显著线性相关关系,10 cm 以下线性相关关系的拟合优度较低。

关键词: 人工植被; 凋落物; 速效养分; 土壤有机碳; 土壤可溶性碳

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)05-0007-06

中图分类号: S152.4, S158.3

Effects of Vegetation Types on Litter Accumulation, Soil Organic Carbon and Available Nutrients in Karst Region of Guizhou Province

GAO Sheng, WU Yong-bo, XUE Jian-hui, YAO Jian

(Jiangsu Provincial Key Laboratory of Forestry Ecological Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China)

Abstract: The accumulation amount of litter, litter carbon and nitrogen contents, soil available nutrients contents, soil organic carbon content (SOC), and soil soluble carbon(DOC) content were studied in 1 m × 1 m (tree 20 m×20 m) plots of grasslands and plantations in Guizhou karst areas. The results indicate that the litter accumulation amounts under the plantations of *E. ulmoides*, *R. pseudoacaciat*, *P. salicina*, *A. cremastogyne*, and *C. duclouxiana* were 5.29, 3.32, 4.26, 9.68, and 1.81 t/hm²; respectively, which were 1.12 to 5.98 times of that of the natural grassland. The C: N ratios of the litters increased from 12.84 to 57.68 after vegetation restoration. The litter accumulation amount correlated significantly positively with the soil rapidly-available potassium contents, rather than the soil hydrolysis nitrogen and effective phosphorus contents. Compared with natural grassland(SOC 7.28 g/kg), the organic carbon content of the soils under *E. ulmoides*, *R. pseudoacaciat*, *P. salicina*, *A. cremastogyne*, *C. duclouxiana* increased by 5.24, 12.14, 6.04, 8.93, and 6.78 times respectively. The soil organic carbon content showed no significant relationship with litter amount. However, the relationship between the accumulation amounts of litter and the soluble carbon contents was significant linear in 0—10 cm soil layers, but not in the layers below.

Keywords: replanted vegetation; litter; available nutrients; SOC; DOC

森林凋落物是生态系统的重要组成部分,凋落物通过分解释放植物所需养分,影响土壤有机物的组成和养分含量,成为连接土壤和植物的重要纽带,在全

球陆地 C 循环中起非常重要的作用^[1]。森林生态系统碳储库包括土壤碳储库、植被碳储库和凋落物碳储库^[2-4]。据估计,全球每年因凋落物分解归还到土壤

中有机碳约 50 Gt, 因凋落物分解释放的 CO_2 量为 68 Gt, 约占全球碳年流通总量的 70%^[5-6]。生态系统中土壤有机碳含量高度依赖于凋落物积累量和凋落物分解的速度^[7]。研究表明, 凋落物分解释放的可溶性有机碳 (DOC) 对土壤有机碳的积累具有重要作用^[8]。近年来, 国内外科研工作者对凋落物研究做了许多工作并取得进展, 但是在土层浅薄且土被不连续的溶岩区域进行凋落物养分归还研究尚不多见, 尤其是凋落物对土壤有机碳的影响机制研究报道不多^[9-12]。

依据贵州溶岩区植被恢复治理区内人工林植被恢复系列, 以杜仲 (*Eucommia ulmoides*) 林、刺槐 (*Robinia pseudoacacia*) 林、冰脆李 (*Prunus salicina*) 林、桤木 (*Alnus cremastogyne*) 林、滇柏 (*Cupressus duclouxiana*) 林为研究对象, 分析了不同人工林恢复条件下地表凋落物积累量、土壤碳氮组成和速效养分的差异, 0—30 cm 不同层次土壤中有有机碳 (SOC)、可溶性有机碳 (DOC) 含量, 以及地表凋落物与土壤有机碳、速效养分之间的关系, 以期揭示不同林地恢复条件下, 地表凋落物对土壤速效养分和有机碳的影响,

为溶岩区林地恢复重建和石漠化治理提供科学依据。

1 研究区概况

试验地位于贵州省普定县, 地理坐标为 (105°44' E, 23°18' N), 海拔 1 137 m。普定县处于云贵高原东侧斜坡地带, 是典型喀斯特立地环境, 属全国生态环境建设重点地区。北亚热带湿润气候区, 季风交替明显, 春干秋凉, 热量高, 无霜期长, 雨量充沛, 适宜多种林木生长。年平均气温 15.1 °C, 最冷月 1 月平均气温 5.2 °C, 最热月 7 月平均气温 22.3 °C, 极端最低气温 -11.1 °C, 极端最高气温 34.7 °C, 年有效积温 6 470 °C (≥ 10 °C)。年均降雨量 1 396.9 mm, 降雨季节多集中在 5—9 月, 占全年降雨量的 75% 以上。平均日照时数 1 202 h, 无霜期为 289 d, 相对湿度 79%。林区土壤类型主要为棕色石灰土, 土层平均厚度约 30 cm, 土壤容重在 1.39~1.55 g/cm³, 田间持水量在 20%~35% 之间。本文选取杜仲林、刺槐林、冰脆李林、桤木林、滇柏林 5 种代表性人工林群落以及对照草地, 分别用 DZ, CH, BCL, QM, DB, CD 作为它们的缩写, 其特征详见表 1。

表 1 样地基本情况

林分类型	杜仲林(DZ)	刺槐林(CH)	冰脆李林(BCL)	桤木林(QM)	滇柏林(DB)	草地(CD)
地点	坪上乡	白岩镇	峰子岩	补郎乡	龚家院	猫洞
经纬度	N 26°26'16"	N 26°16'58"	N 26°24'58"	N 26°26'42"	N 26°15'45"	N 26°16'54"
	E 105°42'01"	E 105°50'49"	E 105°43'38"	E 105°50'30"	E 105°48'58"	E 105°51'12"
海拔/m	1 250	1 470	1 310	1 489	1 370	1 210
坡度	25°	8°	25°	32°	15°	25
坡向	N	N—E	N—W	N—E	N—E	N—W
裸岩率/%	42	37	26	22	62	48
造林年份	1998	2002	2002	2003	2 03	—
郁闭度	0.74	0.58	0.44	0.92	0.72	0.97
平均胸(地)径/cm	3.50	4.80	1.50	9.0	2.70	—
树高/m	3.40	3.50	2.30	12.60	2.10	—

2 研究方法

2.1 凋落物收集

在所选择的 5 种人工林群落内按“梅花形”五点法进行收集装置的布设, 凋落物收集装置由孔径 1 mm 的尼龙网制成的 1 m×1 m×0.25 mm 的方形钢架容器, 放置时底部距离地面 15 cm, 每种人工林群落样地设置 8 个收集框。草地样方, 调查草丛盖度、高度、种类; 对地表凋落物采用 1 m×1 m 样方, 用网袋收集。

2.2 土壤样品采集

在采集凋落物的样方内, 用直径为 3 cm 的土钻

多点 0—5, 5—10, 10—15, 15—20, 20—25, 25—30 cm 采取土壤样品, 均重复 5 次。

2.3 样品分析与数据处理

凋落物在 60 °C 烘干 24 h, 称量并估算单位面积凋落量, 粉碎样品后分别测定碳 ($\text{H}_2\text{SO}_4\text{—K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 外加热法) 和全氮 (凯氏定氮法) 含量。采回的新鲜土样混合均匀后, 风干, 磨细过 1 mm 筛后, 测定土壤有机碳 (0.5 mol/L K_2SO_4 溶液浸提, 土液质量体积比 1:4, 震荡 30 min, 浸提液上机测定)。风干样过 0.25 mm 筛后, 测定土壤有机碳 ($\text{H}_2\text{SO}_4\text{—K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 外加热法)、全氮 (凯氏定氮法) 含量, 碱解氮用碱解扩散

法;有效磷用双酸浸提—钼锑抗比色法,速效钾用乙酸铵浸提—火焰光度法^[13]。数据统计分析采用 SPSS 13.0 进行。

3 结果与分析

3.1 不同植被类型地表凋落物累积量及其 C/N 的差异

由表 2 可知,天然植被恢复过程中,草地的地表凋落物累积量最小(1.62 t/hm²),退耕还林后地表凋落物累积量相对草地均有不同程度提高,但不同恢复

林型对凋落物的累积量的影响存在差异。人工林恢复过程中,人工林群落凋落物累积量变化于 1.81~9.68 t/hm²。针叶林(滇柏林)凋落物累积量最小,为 1.81 t/hm²,与草地地表凋落量无明显差异,桫木林群落凋落量最大(9.68 t/hm²),是滇柏林凋落物累积量的 5.35 倍,且与其它林分凋落量差异都显著,杜仲林、冰脆李林、刺槐林居中。在植被恢复条件下凋落物 C/N 由 12.84 提高到 57.68,草地凋落物 C/N 最高,冰脆李林凋落物 C/N 最低,但杜仲林、冰脆李林和桫木林的凋落物 C/N 无明显差异(表 2)。

表 2 不同植被条件下的凋落物量与土壤有机碳组分的变化

植被类型	凋落量/(t·hm ⁻²)	凋落物碳氮比	有机碳/(g·kg ⁻¹)	可溶性有机碳/(mg·kg ⁻¹)
杜仲林	5.29±0.58Bb	13.23±0.87Dd	38.14±2.16Dd	152.56±12.9Cc
刺槐林	3.32±0.26Cc	41.23±1.45Bb	88.36±5.53Aa	310.90±27.7Aa
冰脆李林	4.26±0.43BCc	12.84±0.98Dd	43.96±3.77CDcds	219.80±14.53Bb
桫木林	9.68±1.05Aa	14.49±1.01Dd	65.00±4.21Bb	282.77±16.66Aa
滇柏林	1.81±0.23Dd	32.75±1.65Cc	49.36±3.24Cc	110.44±12.21Dd
草地	1.62±0.33Dd	57.68±3.23Aa	7.28±0.6Ee	87.36±6.52Dd

注:采用 Duncan 进行多重比较;小写字母表示($p<0.05$),大写字母表示($p<0.01$);字母相同无显著差异,字母不同代表差异显著。下同。

3.2 不同植被类型表层(0—20 cm)土壤速效养分含量的差异

表 3 为不同植被类型 0—20 cm 表层土壤速效养分含量。由表 3 可知,不同恢复林型下土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量存在差异,杜仲林土壤碱解氮含量最低,为 124.43 mg/kg,而刺槐林和冰脆李林的土壤碱解

氮含量较高,分别为 358.97 和 390 mg/kg,桫木林、滇柏林和草地的土壤碱解氮含量居中,三者无明显差异。土壤有效磷的含量则是滇柏林最高,冰脆李林最低,前者比后者高出了 56.41%,天然植被恢复过程中,草地的土壤有效磷含量也较高,与滇柏林无明显差异。土壤速效钾含量为桫木林最高,滇柏林与草地最低。

表 3 不同植被条件下的速效养分含量的变化

mg/kg

植被类型	碱解氮	有效磷	速效钾
杜仲林	124.43±3.78Cb	9.70±1.22Aa	205.55±11.25Bb
刺槐林	358.97±10.80Ab	8.76±2.58ABab	177.62±7.88Bc
冰脆李林	390.00±12.22Aa	6.24±0.81ABbc	125.98±4.50Cd
桫木林	186.19±13.05Bc	6.61±0.66ABbc	258.46±19.00Aa
滇柏林	208.58±19.01Bc	9.76±1.45Aa	138.52±14.56Cd
草地	207.27±11.23Bc	8.18±0.24Aa	140.15±2.34Cd

3.3 不同植被类型剖面土壤有机碳、可溶性碳的差异

天然草本恢复与人工林植被恢复过程中,土壤有机碳含量均呈增大趋势(图 1),但增大幅度存在差异。与天然草地(SOC 为 7.28 g/kg)相比,杜仲林、刺槐林、冰脆李林、桫木林和滇柏林的有机碳含量分别提高了 5.24, 12.14, 6.04, 8.93 和 6.78 倍。试验结果表明,与自然恢复相比较,人工林覆盖下,森林表层土壤有机碳含量会提高 5.24~12.14 倍。同时,土壤可溶性有机碳与土壤有机碳表现出相似的变化规

律,森林表层土壤水溶性有机碳含量会提高 1.26~3.56 倍,且刺槐林的土壤有机碳和可溶性有机碳的含量均为最高,与其它林分的差异均显著(图 1)。表明人工林人工恢复对土壤有机碳的影响要比天然草本恢复的效果更显著,且选择刺槐林进行人工恢复对土壤有机碳的积累尤为有利。

不同植被覆盖条件下,土壤有机碳和可溶性碳含量随着土层厚度的增加而逐渐降低(表 4—5),人工

林 0—30 cm 各层土壤的有机碳和可溶性碳含量均大于草地,差异显著。不同人工林的同一剖面中,0—20 cm 土壤有机碳含量均以刺槐林为最高,但是随着土壤深度的加深,优势越来越小,20 cm 以下不同人工林土壤有机碳含量差异并不显著。土壤可溶性碳含

量随土层的变化与有机碳表现出相似的规律,0—20 cm 土壤可溶性碳含量均以桉木林为最高,20 cm 以下除了杜仲林,其它林的可溶性碳含量差异也不显著,即不同植被条件下,20 cm 以下土层有机碳含量也不因植被类型的不同而存在显著差异。

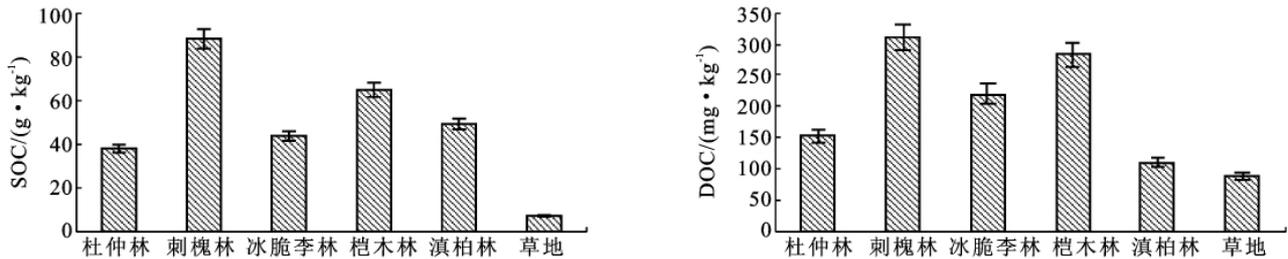


图 1 植被类型对表层(0—20 cm)土壤有机碳、可溶性碳含量的影响

表 4 植被类型对 0—30 cm 土层有机碳(SOC)的影响

土层/cm	有机碳/(g·kg ⁻¹)						LSD _{0.05}
	杜仲林	刺槐林	冰脆李林	桉木林	滇柏林	草地	
0—5	57.72±3.78	124.61±9.87	54.73±4.61	112.17±8.88	74.52±5.33	12.72±1.11	0.98
5—10	46.75±4.52	117.55±11.65	49.26±3.45	75.22±5.46	62.88±4.34	9.48±1.05	0.99
10—15	41.82±2.37	97.24±6.99	46.14±3.31	60.41±4.76	51.27±4.23	6.22±0.65	0.91
25—20	39.33±2.89	82.64±5.68	44.52±3.56	50.10±4.23	40.85±3.45	5.83±0.44	0.89
20—25	28.58±3.13	32.47±3.14	40.28±2.98	34.88±2.78	38.25±3.11	5.27±0.41	0.79
25—30	27.66±1.97	29.62±3.45	28.83±1.99	28.24±2.11	28.44±2.34	4.16±0.38	0.78
LSD _{0.05}	0.91	0.96	0.99	1.00	0.95	1.00	—

表 5 植被类型对 0—30 cm 土层可溶性碳(DOC)的影响

土层/cm	可溶性碳/(g·kg ⁻¹)						LSD _{0.05}
	杜仲林	刺槐林	冰脆李林	桉木林	滇柏林	草地	
0—5	147.67±13.65	144.82±14.64	268.17±27.77	368.28±37.50	123.86±12.84	37.11±4.01	0.96
5—10	119.35±12.11	142.73±14.11	216.71±22.40	317.27±32.27	120.14±12.00	36.11±3.50	0.85
10—15	98.77±10.24	136.64±12.59	169.64±17.34	248.42±24.92	112.56±10.35	23.55±2.70	0.84
25—20	77.89±7.99	122.68±12.88	112.11±12.01	182.33±18.87	105.65±10.75	22.24±2.00	0.78
20—25	59.98±6.78	117.52±12.52	102.56±10.00	127.57±11.37	103.76±9.46	21.94±2.58	0.76
25—30	44.88±5.08	114.65±11.15	83.45±8.35	90.26±8.99	98.79±9.78	19.90±2.65	0.76
LSD _{0.05}	0.71	0.03	0.79	0.78	0.02	0.69	—

3.4 凋落物积累量对土壤有机碳、土壤可溶性碳及速效养分的影响

通过对土壤速效养分和凋落物凋落量的相关性分析,可以看出凋落物量与土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量的相关系数分别是-0.23,-0.11和0.88,即凋落物量与土壤碱解氮、有效磷含量无相关关系,但凋落物量与土壤速效钾含量呈极显著正相关关系,这表明,人工林凋落物的凋落量对土壤速效钾含量的影响较大,林分凋落物凋落量越大,土壤速效钾含量越高,反之,林分凋落物凋落量越小,土壤速效钾含量越低。

凋落物量与土壤有机碳存在线性相关关系,拟合优度 R^2 较低,各植被群落土壤有机碳含量在 0—30 cm 各土层也是随着生物量的增加而升高,并且表层的增速最明显。凋落物量和土壤可溶性碳存在线性相关关系,表明凋落物是影响土壤可溶性碳积累的重要因素(表 6)。在 0—30 cm 的剖面内,土层的可溶性碳含量与凋落物量之间的拟合优度 R^2 从 0—5 cm 土层的 0.7701 减小到 20—25 cm 土层 0.2416,25—30 cm 土层的 0.0364。各植被群落土壤可溶性碳含量在 0—30 cm 各土层随着生物量的增加而升高,拟

合优度 R^2 随着土层的加深逐渐变小。这些结果表明,地表凋落物积累量对土壤可溶性碳的影响主要在

0—10 cm 土层,二者呈显著的正相关,而 25—30 cm 土层二者虽呈正相关,但拟合优度 R^2 很小。

表 6 凋落量与 0—30 cm 土层中有机碳,可溶性碳含量的相关关系

土层/cm	与 SOC 的相关关系		与 DOC 的相关关系	
	回归方程	R^2	回归方程	R^2
0—5	$SOC=6.8583x+43.049$	0.2478	$DOC=34.663x+31.559$	0.7701
5—10	$SOC=3.1851x+46.398$	0.0702	$DOC=28.286x+36.241$	0.7563
10—15	$SOC=2.6171x+39.185$	0.0699	$DOC=20.932x+40.962$	0.6869
25—20	$SOC=2.2698x+34.050$	0.0755	$DOC=13.374x+45.908$	0.5688
20—25	$SOC=1.5308x+23.327$	0.1269	$DOC=6.626x+60.199$	0.2416
25—30	$SOC=1.4179x+18.352$	0.1786	$DOC=2.292x+65.397$	0.0364

4 讨论

在贵州溶岩区,不同植物群落条件下的凋落物存在显著差异。人工植被的凋落物量为天然草地的 1.12~5.98 倍。人工植被中针叶林凋落物量最低,阔叶林凋落物量高,这与周玉荣等^[14]的研究结果相似。

不同植被下,土壤速效养分也存在明显差异。刺槐和冰脆李林土壤碱解氮含量较高,这可能是在种植冰脆李时对土壤进行过改造,且刺槐是固氮能力较强的树种,所以这两者居高。草地的凋落量最低,但其碱解氮和有效磷含量草地都居中,通过相关性分析又可看出凋落量与碱解氮、有效磷含量并无相关关系,这也说明单具有较高的凋落物量不足以提高对土壤的养分归还量,养分归还量的大小更依赖于与群落结构特征相关的凋落物归还量^[15]。但从本研究可以看出凋落物量对土壤速效钾含量有重要的影响,呈极显著的正相关关系。在森林生态系统中,植物群落与土壤养分间相互作用,不仅土壤养分特征对植物群落的凋落物特征具有重要影响,相反,凋落物特征也对土壤养分含量具有重要的贡献,两者之间存在着非常显著的相互反馈作用^[16-17]。

森林凋落物层作为森林碳库中的一个动态中转库,其碳含量的多少与土壤碳储量多少有密切的关系。落叶是凋落物 C 归还的主要组分,叶片既是林木最大的养分储存库,又在森林生态系统养分循环中起着重要作用^[18]。在贵州溶岩区植被恢复过程中,土壤有机碳含量得到大幅度提高。与天然草地(SOC 为 7.28 g/kg)相比,杜仲林、刺槐林、冰脆李林、桉木林和滇柏林的有机碳含量分别提高了 5.24, 12.14, 6.04, 8.93 和 6.78 倍,凋落物的 C/N 由 12.84 提高到 57.68。不同植被覆盖条件下,土壤有机碳和可溶性碳含量随着土层厚度的增加而逐渐降低,各层土壤有机碳和可溶性碳含量均大于草地,但 20 cm 以下土

层有机碳含量也不因植被类型的不同而存在显著差异。这说明与天然草本恢复相比,人工林恢复对土壤表层有机碳的积累效果更显著。

凋落物积累量与 0—10 cm 土层土壤可溶性碳存在显著线性相关关系,拟合优度 R^2 达到 0.7563 以上。10 cm 以下线性相关关系的拟合优度 R^2 较小。凋落物量与土壤有机碳存在线性相关关系,但拟合优度 R^2 较小,各植被群落土壤有机碳含量在 0—30 cm 各土层也是随着凋落物物量的增加而升高,并且表层增加的趋势最明显,但是增加的速度不及可溶性碳。这可能是由于进行该研究的时候,适逢雨季,凋落物本身含有的易溶物质能够在短期内快速淋溶到土壤中,使 DOC 含量在短期内快速增加。另外, Kalbitz 等^[19]的研究还表明凋落物本身的性质和凋落物的数量都对土壤 DOC 的变化有很大影响。目前国内外关于森林凋落物碳归还的季节动态的研究还较少,控制其变化的机理尚不清晰,因此,在喀斯特地区对凋落物碳归进行长期的定位研究很有必要。

5 结论

(1) 天然草地、杜仲林、刺槐林、冰脆李林、桉木林、滇柏林凋落物积累量与天然草地相比,人工植被的凋落物量为天然草地的 1.12~5.98 倍,在植被恢复条件下凋落物 C/N 由 12.84 提高到 57.68。

(2) 凋落物量对土壤表层(0—20 cm)速效钾含量有重要的影响,两者呈极显著正相关关系,但单具有较高的凋落物量不足以提高土壤表层碱解氮和有效磷含量。

(3) 人工林人工恢复对土壤有机碳的影响要比天然草本恢复的效果更显著,且选择刺槐林进行人工恢复对土壤有机碳的积累尤为有利,但不同植被条件下,20 cm 以下土层有机碳含量也不因植被类型的不同而存在显著差异。

(4) 地表凋落物积累量对土壤可溶性碳的影响主要在 0—10 cm 土层,二者呈显著的正相关,而 25—30 cm 土层二者虽呈正相关,但拟合优度 R^2 很小,凋落物量与土壤有机碳线性相关关系的拟合优度较低。

[参 考 文 献]

- [1] 吴庆标,王效科,欧阳志云. 活性有机碳含量在凋落物分解过程中的作用[J]. 生态环境, 2006, 15(6): 1295-1299.
- [2] 尉海东,马祥庆,刘爱琴,等. 森林生态系统碳循环研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 188-192.
- [3] Dixon R K, Solomon A M, Brown S, et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystems[J]. Science, 1994, 263: 185-190.
- [4] 黄从德,张健,杨万勤,等. 四川人工林生态系统碳储量特征[J]. 应用生态学报, 2008(8): 1644-1650.
- [5] Palvianien M, Finer L, Kurka A M, et al. Release of potassium, calcium, iron and aluminum from Norway spruce, Scots pine and silver birch logging residues [J]. Plant and Soil, 2004, 259(3): 123-136.
- [6] 潘根兴,李恋卿,张旭辉,等. 中国土壤有机碳库与农业土壤碳固定动态的若干问题[J]. 地球科学进展, 2003, 8(4): 70-77.
- [7] Sauer T J, Cambardella C A, Brandle J R. Soil carbon and tree litter dynamics in a red cedar-scotch shelterbelt [J]. Agroforestry System, 2007, 71(3): 163-174.
- [8] Uselman S M, Qualls R G, Lilienfein J. Contribution of roots vs. leaf litter to dissolved organic carbon leaching through soil[J]. Soil Science Society of America Journal, 2007, 71(5): 1555-1563.
- [9] 刘刚,朱剑云,叶永昌,等. 东莞主要森林群落凋落物碳储量及其空间分布[J]. 山地学报, 2010, 28(1): 69-75.
- [10] 杨智杰,陈光水,谢锦升,等. 杉木、木荷纯林及其混交林凋落物量和碳归还量[J]. 应用生态学报, 2010, 21(9): 2235-2240.
- [11] 潘辉,黄石德,洪伟,等. 3 种相思人工林凋落物量及其碳归还动态[J]. 福建林学院学报, 2010, 30(2): 104-108.
- [12] 姜发艳,孙辉,林波,等. 川西亚高山云杉人工林恢复过程中表层土壤碳动态变化[J]. 应用生态学报, 2009, 20(11): 2581-2587.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 156-178.
- [14] 周玉荣. 我国主要森林生态系统碳储量和碳平衡[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 518-522.
- [15] 阎恩荣,王希华,周武. 天童常绿阔叶林不同退化群落的凋落物特征及与土壤养分动态的关系[J]. 植物生态学报, 2008, 32(1): 1-12.
- [16] Singh J S, Gupta S R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystem[J]. Botanical Review, 1997, 43: 449-528.
- [17] Wardle D A, Bardgett R D, Klironomos J N, et al. Ecological linkages between aboveground and belowground biota[J]. Science, 2004, 304: 1629-1633.
- [18] Miller H G, Cooper J M, Miller J D, et al. Nutrient cycles in pine and their adaptation to poor soils[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1979, 9: 19-26.
- [19] Kalbitz K, Schmerwitz J, Schwesig D, et al. Biodegradation of soil-derived dissolved organic matter as related to its properties[J]. Geoderma, 2003, 113: 273-291.

欢迎订阅 2012 年《中国农业科学》(中、英文版)

《中国农业科学》中、英文版由农业部主管,中国农业科学院主办。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种;耕作栽培·生理生化;植物保护;土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境;园艺;园林;贮藏·保鲜·加工;畜牧·兽医等栏目。读者对象是国内外农业科研院(所),农业大专院校的科研、教学人员。

《中国农业科学》中文版影响因子、总被引频次连续多年居全国农业科技期刊最前列或前列位次。1999 年起连续 10 年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”资助,2001 年入选中国期刊方阵双高期刊,已多次获奖,在北京大学《中文核心期刊要目总览(2008 年版)》中位居“农业综合类核心期刊表”首位。2010 年 1 月起中文版改为半月刊。《中国农业科学》英文版(*Agricultural Sciences in China*)2002 年创刊,2006 年 1 月起正式与国际著名出版集团 Elsevier 合作,海外发行由 Elsevier 全面代理,全文数据在 ScienceDirect 平台面向世界发行。2010 年 *Agricultural Sciences in China* 被 SCIE 收录,拟于 2012 年 1 月更名为 *Journal of Integrative Agriculture*。

《中国农业科学》中文版大 16 开,国内外公开发行。每期 224 页,定价 49.50 元,全年定价 1188.00 元。《中国农业科学》英文版为大 16 开,国内外公开发行。每期 160 页,国内订价 36.00 元,全年 432.00 元。

邮编:100081

地址:北京 中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部

电话:(010)82109808,82106280,82106281,82106282 传真:(010)82106247

网址:www.ChinaAgriSci.com

E-mail:zgnykx@mail.caas.net.cn