

# ارتباط بین فعالیتهای بیولوژیکی،

## بارانهای جنگلی و ترکیب کانی شناسی خاکها

نویسندگان: Y. Lucas, F.J. Luizão, A. Chauvel, J. Rouiller, D. Nahon, Leaching

نام نشریه: مجله SCIENCE شماره ۲۶۰، ماه April سال ۱۹۹۳ م

حسین عزیزی (دانشجوی دکتری زمین شناسی) مترجم:

می‌گردد. در این مناطق بر اثر عمل آب، کانیها با آب وارد واکنش شده و یونهای سیلیسیم و آلومینیم در آب محلول افزایش می‌یابند و این مدل باعث غنی شدن افق گیبسیتی در بالای افق کاتولینی غنی از سیلیسیم می‌گردد. اختلاف بین این مدلها و افقهای خاک مشاهده شده به دو دلیل قابل تفسیر است. نبود مطالعات صحرایی کافی بر روی ژئوشیمیایی خاکهای مناطق گرم و مرطوب و افق بالای خاکهای حاره‌ای که به عنوان نابرچا<sup>۱</sup> تفسیر می‌شوند و یا مواد کاتولینی بعد از آن که لایه پایینی خاک تشکیل گردیده به وجود آمده است. مطالعاتی که در بیست سال اخیر صورت گرفته مشخص می‌کند که مواد نابرچا دارای گسترش خیلی کمی می‌باشند، بنابراین در این رابطه زیاد حائز اهمیت نمی‌باشند، بیشتر خاکهای مناطق حاره‌ای به صورت درجا تشکیل می‌شوند. (۸-۹). البته مواد خارجی به صورت گردوغبار در آن‌ها داخل گردیده است. (۱۰). انواع دیگری از خاکها که در قسمت فوقانی غنی از سیلیسیم باشند شناسایی نشده است که این خاکها به وسیلهٔ بالا آمدن مواد زیرین توسط موربانه‌ها و یا مورچه‌ها و یا تراوش سریع آب باران به میان بخش فوقانی خاک تا جایی که واکنش بین آب و کانی به حالت تعادل نرسد. (۱۲). و یا فعالیت آب در طی فصول خشک کاهش یابد و یا با تغییر مکان کاتولینیت گیبسیست حاصل شود. (۱۳). این فرضیه‌ها به طور خیلی نادر قابل کاربرد در خاکهای مناطق گرم و مرطوب می‌باشند. فعالیت موربانه‌ها و مورچه‌ها به افق فوقانی خاک در مناطقی که فصول خشک خیلی کوتاه بوده محدود می‌شود. آبی که عموماً به آرامی در میان خاک تراوش می‌کند آب کاپیلاری<sup>۹</sup> می‌باشد. (۱۴). که در طی فصول خشک قدرت کشش آن به ۱۵ بار می‌رسد که به عنوان بالاترین محدوده برای پلاسیده شدن گیاه محسوب می‌گردد. تحت چنین شرایطی ماکزیم فعالیت آب از ۱ تا ۰/۹۸۹ که با حداقل فعالیت ۵۵٪ جهت حل شدن  $SiO_2$  در تعادل گیبسیست - کاتولینیت

در بیشتر خاکهای مناطق گرم و مرطوب، افق کاتولینی بیشتر افق گیبسیتی را می‌پوشاند، اما این مسئله نمی‌تواند ناشی از فرآیند یک شسته شدن<sup>۱</sup> ساده باشد. با اندازه‌گیری مقادیر عناصر شیمیایی برگشتی در لایه روی مواد آلی در اکوسیستم آمازونی مشخص می‌گردد که مقداری از این عناصر از جمله سیلیسیم<sup>۲</sup> در چرخهٔ جنگلی وارد گردیده است و این فرآیند مانع شسته شدن سیلیسیم به قسمتهای زیرین شده و باعث پایداری بیشتر کاتولن در قسمتهای فوقانی گردیده است. ترکیب کانیهای این گونه خاکها به وسیله فعالیتهای بیولوژیکی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

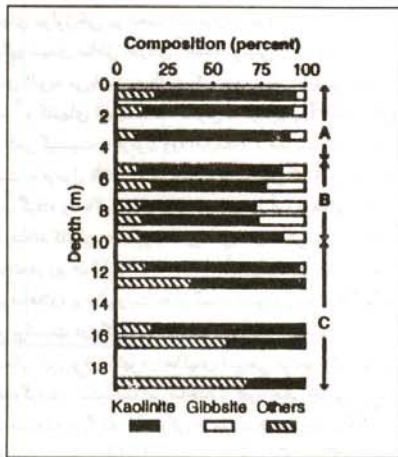
خاکهای اسیدی مناطق حاره‌ای<sup>۳</sup> عمدتاً ترکیبی از کانیهای اولیه باقیمانده و کانیهای ثانویه می‌باشند به طوری که مهمترین کانیهای اولیه باقیمانده کوارتز<sup>۴</sup> و کانیهای ثانویه عمدتاً کاتولن به فرمول  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$  و مقدار کمی گیبسیست به فرمول  $Al(OH)_3$ ، همانیت به فرمول  $Fe_2O_3$  و گوئیت به فرمول  $FeOOH$  می‌باشند. در مناطقی که خیلی خوب زهکشی صورت گرفته و خاکهای اسیدی تحت شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب قرار گرفته‌اند کاتولن به صورت کانی ثانویه در بخش بالایی افق خاک و گیبسیست در زیر آن قرار گرفته که اصطلاحاً افق گیبسیتی یا ساپرولیت<sup>۶</sup> نامیده می‌شود. علاوه بر ساپرولیت به آن گیبسیست نودولار و یا افق بوکسیتی و یا تجمع بوکسیت در یک زمینهٔ کاتولینی نیز گفته می‌شود. (۳-۱). پروفیل ساختمانی این نوع خاکها در خاکهای قدیمی مانند بوکسیت‌های آمازون مشاهده گردیده است. البته این ساختار به طور خیلی جالبی نیز در خاکهای جوان مشاهده می‌گردد. این توالی عمودی در مناطق دیگر به گونه‌ای مخالف، به وسیلهٔ مدل‌های ژئوشیمیایی دیگر تشکیل خاک مشاهده گردیده است. (۷-۴). در این گونه خاکها وقتی که آب باران به قسمتهای فوقانی خاک نفوذ می‌کند باعث فقیر شدن بخش فوقانی از آلومینیم<sup>۷</sup> و سیلیسیم

جدول (۱): میانگین ترکیب سالانه Litter fall را نشان می‌دهد. اندازه برای همه عناصر مایل در کیلوگرم در هکتار برای وزن خشک می‌باشد. ترکیب کل Litter fall از ترکیب هر نمونه در رابطه با وزن خشک محاسبه شده است.

Source	Component										
	Si	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Ti	P	Dry weight
Leaves	5.5	0.35	0.03	0.10	1.6	3.9	0.73	1.6	0.01	0.11	5.64
Reproductive parts	0.40	0.10	0.21	0.05	1.3	2.5	0.20	5.3	0.01	0.34	0.40
Wood	0.98	0.37	0.06	0.09	1.1	6.0	0.26	1.4	0.05	0.08	1.55
Residue	1.0	1.6	1.0	0.10	1.5	5.5	0.23	2.2	0.13	0.36	0.81
Total fine litterfall	4.0	0.46	0.14	0.09	1.5	4.4	0.57	1.8	0.03	0.14	8.40

جدول (۲): مقدار سالانه برگشتی برای Litterfall اندازه‌ها کیلوگرم در هکتار در سال می‌باشد.

Source	Component										
	Si	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Ti	P	
Leaves	30.8	2.0	0.19	0.55	9.2	22.0	4.1	8.9	0.04	0.61	
Reproductive parts	0.16	0.04	0.08	0.02	0.52	0.99	0.08	2.1	0.00	0.14	
Wood	1.5	0.57	0.10	0.14	1.8	9.3	0.40	2.2	0.07	0.13	
Residue	0.81	1.3	0.83	0.08	1.2	4.4	0.19	1.8	0.11	0.29	
Total fine litterfall	33.3	3.9	1.2	0.79	12.7	36.7	4.8	15.0	0.22	1.2	



نگاره (۱): ترکیب کانی شناسی خاکها را نشان می‌دهد. (A): افق رس فوقانی (B): افق نودولاروبوکستی (C): ساپرولیت

مؤثر می‌باشد. برای مشخص نمودن منشأ حجم عظیم Si در بالای افق آلومینیومی ما نقش بارانهای جنگلی<sup>۱۰</sup> را به تنهایی که در چرخه ژئوشیمیایی عناصر در واکنشهای محلول-کانی عمل می‌کند در مورد رفتار ویژه سیلیسیم مورد بررسی قرار دادیم. مطالعه چرخه عناصر بر اثر تأثیر گیاهان قبلاً مشخص گردیده بود. (۱۶). اندازه‌گیریهای ما به تنهایی برای سیلیسیم و آلومینیم در مناطق حاره‌ای قابل ارزش می‌باشد. (۱۷-۱۸). بنابراین ما معکوس‌شدگی عناصر به طور سالیانه در مناطق جنگلی و کل مقدار Si در جنگل و همچنین چرخه عناصر را در مناطق جنگلی بر روی ترکیبات کانیهای خاک مورد بررسی قرار دادیم. محل مورد مطالعه ما مکانی در ۸۰ کیلومتری شمال Manaus در برزیل ( $02^{\circ}34'S$  و  $60^{\circ}07'W$ ) بود که شرایط آب و هوایی استوایی در منطقه حاکم و بارش متوسط سالیانه ۲۱۰۰ میلیمتر می‌باشد و فصل خشک حداکثر سه ماه می‌باشد. خشکیهای منطقه که دارای گسترش وسیعی هستند و به وسیله جنگلهای تپ آمازون که با بارش زیاد همراه هستند پوشانیده شده‌اند. (۱۹). خاکها شامل ۳ تا ۸ متر ضخامت می‌باشند، رسهای کانولینی افق نودولارگیبستی را که دارای ۳ متر ضخامت می‌باشد می‌پوشاند (به نگاره ۱ رجوع شود). به طوری که میانگین نسبت کانولن به گیبست از ۱۴ در بخش بالای رسی تا ۳ در افق

Si ۸۳۴kg/ha به دست آمد (به جدول ۳ رجوع شود) که این مقدار Si می تواند برای قسمتهای بالاتر از سطح زمین در نظر گرفته شود.

	Weight of fraction (ton ha <sup>-1</sup> )	Si content (per mil)	Si content (kg ha <sup>-1</sup> )
Trunks	214	3.3	715
Branches	95	1.0	93
Leaves	4.8	5.5	26

جدول (۳) : مقدار سیلیس برای جنگلهای آمازون را نشان می دهد به طوری که کل مقدار سیلیس ۸۳۴kg/ha می باشد.

این مقدار Si خیلی کمتر از مقدار Si موجود در افق کاتولینتی خاک (۳۰۰۰ Ton/ha) برای ۳ متر بالای خاک) می باشد. کل مقدار Si هیچ اطلاعی را درباره Si برگشتی به وسیله ریشه گیاهان به ما نمی دهد. مقدار Si برگشتی در Fine litter fall برابر ۳۳ Kg/ha.year می باشد. لازمۀ برگشتن Litter fall های چوبی ضخیم (درختان و شاخه ها) می باشد که مقدار آن برابر ۸ kg/ha.year می باشد به شرطی که نسبت کل قسمتهای خشکی ۱٪ باشد. (۲۷). جذب Si از ریشه به عنوان مهمترین منشاء برای بخش فوقانی خاک می باشد و ما توانستیم براساس محاسباتمان حداقل Si برگشتی را به وسیله بارانهای جنگلی با مقدار کل ۴۱kg/ha.year مشخص نماییم. این مقدار می تواند با کل مقدار Si که به طور سالیانه از خاکها شسته شود قابل مقایسه باشد و همچنین میانگین Si که از طریق رودخانه هایی که منطقه مورد مطالعه را زهکشی می نمودند برابر ۲۰۱Mg/Lit محاسبه گردید و از کل مقدار آب سالیانه ۵۰۰ میلی لیتر به داخل خاک نفوذ می کند. مواد زائد و پس مانده به وسیله رودخانه ها به مناطق مجاور انتقال داده شده اند. (۳۰). براساس این اندازه گیریها مقدار Si شسته شده در منطقه هوازده تقریباً ۱۱kg/ha.year محاسبه گردیده است. بنابراین مقدار Si ورودی (۴۱kg/ha.year) از بارانهای جنگلی در بخش فوقانی خاک حدود ۴ برابر بیشتر از مقدار Si شسته شده (۱۱kg/ha.year) در این سیستم می باشد. اگر کل مواد ورودی از طریق رودخانه ها، گرد و غبارات اتمسفری و فرآیندهای دیگر در نظر گرفته شود، میانگین Si و Al که به صورت محلول شسته می شود مقدار آن حدود ۰/۶mmol/Lit محاسبه گردیده است با در نظر گرفتن نمودار حالت؛ (۳۱)، مشخص می گردد که چنین آبی فوق اشباع از سیلیس می باشد و برای تشکیل کاتولینت مناسب می باشد. بنابراین در مدل های ژئوشیمیایی تشکیل خاک و هوازدگی در مناطق استوایی حتماً باید گرد و غبارات اتمسفری نیز در نظر گرفته شود (به نگاره ۲ رجوع شود). در منطقه فوقانی خاک دو عنصر Si و Al به مقدار زیاد وارد خاک می شوند و به قسمتهای Large litter fall ، Fine litter fall

نودولار کاهش می یابد. این خاکها به طور فرآیندهای توسط فرآیند از دست دادن سیلیس<sup>۱۱</sup> از رسوبات اولیه رسی و ماسه های حاصل شده اند که این حالت پیش رونده، تغییر در شکل، اندازه، کریستالوگرافی و ترکیب شیمیایی کاتولن نشان دهنده اختلاف ژئوشیمیایی در کل پروفیل می باشد. (۲۱ و ۳). و گیبسیت به طور معمول در زیر افق بالای کاتولینتی تشکیل می گردد. (۲۲). ما از پس مانده مواد در ظروف مخروطی طی دو سال نمونه برداری نمودیم. (۲۰). به طوری که در فصل بارانی هر هفته و در فصل خشک هر دو ماه نمونه برداری صورت می گرفت. نمونه ها را در داخل گروه های رده بندی شده ای مانند بخش تجدید حیات (گلها، میوه ها، بذرها)، مواد ریز چوبی و باقیمانده ها قرار می دادیم. از کودهای حیوانی و کانیهای کمیاب نمونه برداری نگردید. سپس کل نمونه هایی که در طی دو سال متوالی جمع آوری شده بود برای تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه ارسال نمودیم. (۲۴). هیچ گونه تطابق و تجزیه ای برای عناصر فرعی با گذشت زمان در روی نمونه ها صورت نگرفت. میانگین وزنی Litter fall<sup>۱۲</sup> برای دو سال مجموعاً ۸/۴ تن بر هکتار در سال محاسبه گردید. عناصر کلسیم<sup>۱۳</sup> و Si به عنوان مهمترین عناصر Litter fall می باشند که مقادیر آن ها به ترتیب ۴/۴ و ۴/۰ در مایل می باشند. نسبت دقیق پتاسیم، منیزیم، آلومینیم، سدیم، آهن، سرب، منگنز و تیتانیوم به ترتیب کاهش می یابد<sup>۱۴</sup> (به جدول ۱ رجوع شود).

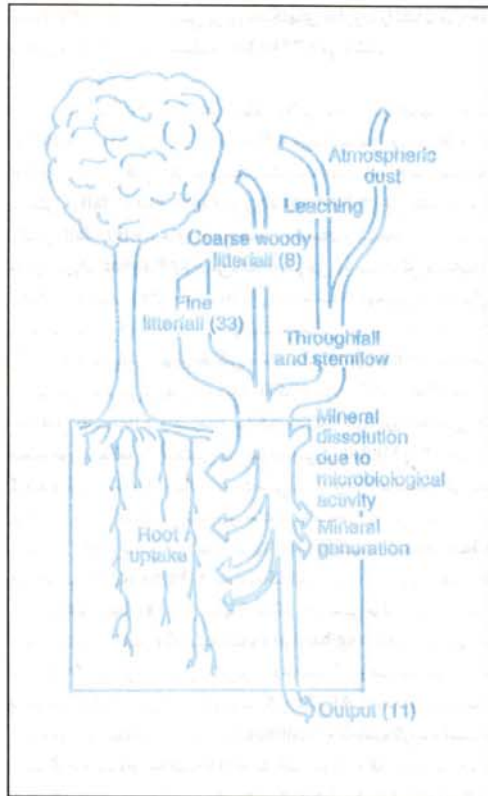
عنصر سیلیس عمده تاً در برگها و در حالی که کلسیم در بخشهای مختلف پراکنده شده است. عناصر Al و Fe و Ti عمدتاً در ترکیبات باقیمانده<sup>۱۵</sup> تجمع حاصل نموده اند و ممکن است عناصر موجود در خاک توسط موربانها تغییر یابد. مقدار کل Si و Ca سالانه مجموعاً در Litter fall ۳۶ و ۳۳ کیلوگرم در هکتار می باشد، در حالی که بقیه عناصر دارای فراوانی کمتری می باشند (به جدول ۲ رجوع شود).

تأثیر احتمالی موربانها بر چرخه دوباره مواد در میان مواد باقیمانده کمتر از ۰/۸ کیلوگرم در هکتار در سال برای Si می باشد. نسبت SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> سالیانه Litter fall بیش از ۱۰ می باشد در حالی که در اولین متر خاک، این نسبت کمتر از ۱/۳ (کل خاک) و یا ۱:۱ کاتولینت + گیبسیت) می باشد. اندازه گیری Si در مناطق جنگلی به وسیله اندازه گیری در ترکیبات گیاهی<sup>۱۶</sup> صورت گرفت. همچنین میانگین Phytomass قسمتهای خشک (بدنه، شاخه، برگ) و مقدار Si در بدنه درختان و منطقه Litter fall مورد آزمایش قرار گرفت. (۲۵). در کل ۲۲۵ نمونه درختی در مناطق جنگلی انتخاب گردید که دارای حجمی برابر ۱۸۲۸vm<sup>3</sup>/ha بودند و از این میان ۳۹ نمونه که دارای حجمی برابر ۱۲۰m<sup>3</sup>/ha بودند جهت تجزیه انتخاب گردید. لازم به توضیح است که میانگین چگالی بدنه برابر ۰/vTon/m<sup>3</sup> می باشد و میانگین Si اندازه گیری شده برابر ۳/۴ در مایل محاسبه گردیده است. مقدار Si در این ۳۹ نمونه ۳۰۱kg/ha می باشد که ممکن است به عنوان حداقل مقدار Si در جنگل باشد. اگر ما کل جنگل را در نظر بگیریم و برای محاسباتمان از میانگین ۳۹ نمونه فوق استفاده کنیم و بر این اساس میانگین ۳۹ نمونه فوق در برگها و شاخه های همان درختان برابر

### منابع

- 1) J. Delvigne. Mémoire 13 (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer, Paris, 1965).
- 2) G. Sieffmann, Mémoire 66 (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre - Mer. Paris, 1969).
- 3) Y. Lucas, A. Chauvel, J. P. Ambrosi in Geochemistry and Mineral Formation in the Earth Surface, R Rodriguez - Clemente and Y. Tardy, Eds. (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. 1986) pp.289 - 299.
- 4) B. Fritz and Y. Tardy. Sci. Geol. Bull. 26,339 (1973).
- 5) C. Fouillac and G. Michard, Geochim. Cosmochim. Acta 41,207 (1977).
- 6) A.C. Lasaga, J. Geophys. Res. 89, 4009 (1984).
- 7) J. P. Ambrosi, Thesis, Poitiers University (1990).
- 8) P. Lecomte, J. Geochem. Explor. 30,35 (1988).
- 9) C. R. M. Bult, in Handbook of Exploration Geochemistry, G. J. S. Govett, Ed. (Elsevier, Amsterdam, 1992), vol. 4, chap. 1.6.
- 10) G.H. Brimhall et al., Science 255, 695 (1992).
- 11) P. Nye, J. Soil Sci. 6,73 (1955).
- 12) B.I. Kronberg et al., Chem. Geol. 35,311 (1982).
- 13) Y. Tardy and A. Novikoff, C.R. Acad. Sci, Paris 306-II, 39 (1988).
- 14) K. Rozanski et al., SM.313 (International Atomic Energy Agency, Vienna, 1991).
- 15) T. S. Lovering, Geol. Soc. Am. Bull. 70, 781 (1959).
- 16) A. J. Herbillon, In Soils with Variable Charge, B. K. G. Theng, Ed. (New Zealand Society of Soil Science, Lower Hutt, 1990), pp. 109 - 126.
- 17) F. Bartoli, Sci. Geol. Bull. 39,195 (1986).
- 18) M. Gautam - Basak and J. Proctor, Malays. For. 46, 224 (1983).
- 19) G.I. Prance, W.A. Rodrigues, M. F. Da Silva, Acta Amazonica 6,9 (1976). This work provides an exhaustive quantitative study (floristic composition and trunk volume) of the Manaus plateau forest.
- 20) According to different classifications, soils are Xanthic Ferral soils [Soil Map of the World, (Food and Agriculture Organization, Rome, 1975). Aplic Acroriox [Soil Taxonomy, Agricultural Handbook 436 (U.S. Department of Agriculture, Washington, Dc, 1975)], or Yellow latossols [(Sistema de

(درختان، شاخه و برگها) و بخشهای زیرین و بخشهای ریشه‌ای اضافه می‌شود. مواد موجود در اتمسفر ممکن است از فاصله خیلی دوری به این مناطق انتقال یافته باشند. (۳۲). در بخشهای فوقانی خاک فعالیتهای میکروبیولوژیکی به حل شدن کانیها در خاک کمک می‌کند و در نتیجه باعث افزایش Si و Al می‌گردد. (۳۳). وقتی که محلولهای غنی از سیلیسیم و آلومینیم به داخل خاک نفوذ می‌کنند غلظت سیلیسیم و آلومینیم به وسیله جذب ریشه گیاهان و انتقال آن به طرف بالا و همچنین واکنشهای بین محلول و کانی کنترل می‌شود، کاتولن در قسمتهای فوقانی خاک پایدار است و گیبسیت در اعماق رسوب می‌کند. البته لازم است در این گونه مدلهای تشکیل خاک، شیمی آب رودخانه‌ها و آب خاک در نظر گرفته شود. □



نگاره ۲): چرخه سیلیس را در مناطق جنگلی پرباران استوایی نشان می‌دهد (اعداد داخل پرانتز کیلوگرم در هکتار در سال می‌باشند).



Trees and Forests: An Architectural Analysis (Springer-Verlag, New York, 1978).

28) M. C. Forti and L. M. Moreira- Nordemann, J. Geophys. Res. 96, 7415 (1991).

29) K. Furch, Monogr. Biol. 56, 167 (1984).

30) W. Franken and P. R. Leopoldo, *Ibid.*, P. 501.

31) L. R. Gardner, Am. Mineral. 55, 1380 (1970).

32) R. Swap et al., AMS 19th Conference on Hurricane and Tropical Meteorology, Miami, May 1991 (American Meteorological Society, Boston, 1991), pp. 30-34.

33) A. Chauvel, F. Andreux, C.C. Cerri, Trav. Com. Int. Etude Bauxites Alum. Alum. 19, 45 (1989).

34) We thank J. Proctor, B. Forsberg, C. Forti, and A. Herbillon for improving the text and for their constructive remarks.

Classificao dos Soles, (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, 1979)].

21) G. Irion. Monogr. Biol. 56, 537 (1984).

22) Y. Lucas, B. Kobilsek, A. Chauvel, Trav. Com. Int. Etude Bauxites Alum. Alum. 19, 81 (1989).

23) Fifteen 80 - cm conical litter traps were placed at random on the 140-m diagonal of a 1-ha plot. Samples were taken from August 1980 to September 1982.

24) Analyses were obtained at the Centre de Pédologie Biologique, Nancy, France. Samples were calcinated at 500°C and dissolved by strontium metaborate melting. They were then analyzed by plasma emission spectrometry for Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Ti, and P and by atomic absorption spectrometry for Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Ti, and P and by atomic absorption spectrometry for K and Na. Results were corrected from the loss of weight at 1000°C.

25) The phytomass of trunks, branches, and leaves was estimated by the method proposed by J.P. Lescure et al. [Acta Oecol. Oecol. Gen. 4, 237 (1983)].

26) The species with both Si content and density available were *Aspidosperma album*, \* *Scleronema micranthum*, † *Protium insigne*, \* *Protium sp.*, \* *Tretragastris sp.*, \* *Svartzia reticulata*, \* *Eperua bijuga*, \* *Macrolobium sp.*, \* *Swartzia panacoco*, † *Caryocar palidum*, \* *Cecropia sp.*, \* *Pourouma cectropiifolia*, \* *Couepia canomensis*, \* *Lycania heteromorpha*, \* *Lycania ind.*, \* *Parinari excelsa*, \* *Buchenavia sp.*, \* *Andira unifoliata*, \* *Dipteryx odorata*, † *Laetia procera*, \* *Licaria aritu*, † *Licaria aurea*, \* *Nectandra rubra*, \* *Eschweileraodora*, † *Eschweilera sp.*, \* *Mouriria sp.*, \* *Guarea sp.*, \* *Inga sp.*, \* *Brosimum sp.*, \* *Ficus sp.*, \* *Hellicostylis sp.*, \* *Virola calophylla*, † *Minquartia guianensis*, \* *Ecclinusa bacuri*, \* *Pouteria sp.*, \* *Priurella sp.*, \* *Erismia sp.*, \* *Qualea paraensis*, † and *Qualea sp.*, \* Data from species marked with an asterisk are from Taux de silice dans Différents Bois Amazoniens (Laboratoire de Chime du Bois du Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France, 1990), and those marked by a dagger are from Estudo de 55 Espécies Lenhosas, para Geração de Energia em Caldeiras (Lab. Química da Madeira, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Brazil, 1986).

27) F. Hallé, R. A. A. Oldeman, P. B. Tomlison Tropical

یادگیری

1) Leaching

2) Si

3) Tropical

4) SiO<sub>2</sub>

5) Gibbsite

6) Sapprolite

7) Al

8) Allochtone

9) Capillary water

10) Rain forest

11) Desilification

۱۲) در جنگلهای به لایه‌های از مواد آلی که سطح زمین را می‌پوشاند اطلاق می‌شود.

13) Ca

14) K, Mg, Al, Na, Fe, P, Mn, Ti

15) Residual

16) Floristic

17 ha = Hectar