

Proiectul:

Fluctuații climatice majore în Miocenul României: dovezi paleobotanice

Acronimul proiectului: FLUCLIMRO

Finanțator:

Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior și a Cercetării Științifice Universitare (UEFISCSU)

Consiliul Național al Cercetării Științifice din Învățământul Superior (CNCSIS)

Programul IDEI

Proiecte de cercetare exploratorie

Cod proiect: ID_442

Contractul de finanțare nr. 337 / 01.10.2007

Contractor:

Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în domeniul Geologiei, Geofizicii, Geochimiei și Teledetecției (I.G.R.), Filiala Muzeul Geologic din București

For english version go to page 6



Zelkova zelkovaefolia

Rezumatul proiectului:

Actuala criza climatica globala prin care trecem ne obliga sa ne indreptam privirile spre evolutia climatica a planetei in istoria sa geologica.

Miocenul (23,8-5,3 m.a.) reprezinta o perioada de timp in care s-a resimtit puternic influenta climatului asupra diversitatii lumii vii, iar plantele sunt cel mai sensibil indicator al fluctuatiilor climatice. Astfel, s-a putut inregistra un ritm accelerat al incalzirii globale cu un maximum (Middle Miocene Climate Optimum intre 14,5 si 17 m.a.) in timpul Badenianului inferior si mediu. Acest maximum climatic a fost materializat prin temperaturi ale sistemului oceanic si domeniului continental mult mai ridicate decat cele de azi si cele mai ridicate de dupa perioada Eocena.

Florea miocena din Romania (peste 150 de puncte fosilifere) ce au conservat spori-polen, frunze sau lemne silicifiate constituie una dintre cele mai importante arhive paleobotanice din Europa, prin abundenta sau diversitatea taxonilor, prin noutate sau

intervalul cronostratigrafic de dezvoltare (fitostratigrafie cvasicompleta), prin poziția paleogeografică sau gradul de conservare.

Luând în considerare aprecierile paleoclimatice anterioare realizate pentru o serie de floare miocene (ex.: 13 floare analizate de Ticleanu în 1995 sau 12 floare analizate de Givulescu în 1997) și calibrându-le cu rezultate paleoclimatice oferite de cercetările faunistice, proiectul se bazează pe utilizarea metodelor CLAMP (Wolfe, 1993 - climate-leaf analysis multivariate program) și CAM (Mosbrugger & Utescher, 1997 - coexistence approach method) ce vor fi aplicate pentru prima dată în România pentru reconstrucții paleoclimatice.

Principalul obiectiv al proiectului îl reprezintă constituirea bazei naționale de date paleofloristice, paleovegetationale, paleoecologice și paleoclimatice, indispensabilă evaluării evoluției regnului vegetal în miocen și calculării fluctuațiilor climatice majore decelate în miocenul României.

Echipa de cercetare:

1. Dr. Valentin Paraschiv, Institutul Geologic al României, Muzeul Național de Geologie, directorul proiectului – paleobotanică, sedimentologie, paleoclimatologie;
 2. C.S. I Dr. Marioara Vaida, Institutul Geologic al României, membru – paleobotanică, palinologie;
 3. C.S. II Dr. Stanilă Iamandei, Institutul Geologic al României, Muzeul Național de Geologie, membru – paleobotanică, paleoclimatologie;
 4. Lector Dr. Daniel Țabără, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, Facultatea de Geografie și Geologie, membru – palinologie, paleoclimatologie;
 5. Doctor Gabriel Chirilă, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, Facultatea de Geografie și Geologie, membru – palinologie, paleoclimatologie;
- † Prof. Dr. Nicolae Țicleanu, Universitatea din București, Facultatea de Geologie și Geofizică, membru - paleobotanică, sedimentologie, paleoclimatologie;

Obiective ale proiectului:

- se va extinde cunoașterea diversității plantelor fosile la nivelul Miocenului (inventar complet);
- clarificarea poziției stratigrafice pentru diferite floare miocene;
- sunt cercetate resturi de frunze, particule organice de tip spori/polen, resturi de trunchiuri pietrificate, flori fosile, fructe, seminte, conuri, ramuri, radacini etc.
- clarificarea statutului taxonomic pentru numeroși taxoni dubitabili;
- tratarea statistică a datelor paleobotanice;
- identificarea celor mai importanți taxoni de plante fosile care oferă semnal paleoclimatic;
- se vor aprofunda fenomenele și procesele de interacțiune între regnul vegetal și clima (controlul climatic);
- studii de selecție a factorilor meteorologici actuali ce acționează asupra plantelor;

-se vor cuantifica caracteristici paleoclimatice (temperatura, precipitatii, nebulozitate atmosferica etc.) utilizand dovezi de origine vegetala conservate in roci;
-analiza datelor paleoclimatice existente in literatura geologica romaneasca, precum si a metodelor de prelucrare-etalonare-corectie a datelor;

Rezultate:

2007 Raport de fază cu:

1. detalierea metodelor de lucru (analiza paleobotanica) adoptate;
2. lista aflorimentelor si punctelor fosilifere cu plante miocene din Romania;
3. varste revizuite pentru punctele fosilifere cu plante miocene ce prezinta informatii stratigrafice nesigure;
4. lista speciilor de plante fosile de varsta Miocena din Romania

Articole științifice 2007

- Kvacek Z., Kovac M., Kovar-Eder J., Dolakova N., Jechorek H., Paraschiv V., Kovacova M. & Sliva L. (2007) Miocene evolution of landscape and vegetation in the Central Paratethys, p. 295-310, 4 fig., *Geologica Carpathica*, Vol. 57, Nr. 4, Bratislava;
- Bruch A., Iamandei S., Iamandei E. & Paraschiv V. (2007) Neogene paleoclimate in Carpathian area – an evaluation based on a synthesis of the Neogene paleofloras from Romania and Moldova Republic, p. 2-3, NECLIME special publication, Comenius University, Faculty of Sciences, Bratislava;
- Paraschiv V. & Sebe O.G. (2007) Fossil *Cedrelospermum* fruits from Oltenia (Romania), p. 7-16, 1 fig., II tab., I pl., Drobeta, Seria Științele Naturii, Vol. XVII, 2007, Revista Muzeului Regiunii Porților de Fier, Drobeta-Turnu Severin.

Tinerii cercetători implicați în proiect sunt angajați în elaborarea mai multor lucrări științifice de mare interes;

- Toți membrii proiectului au acordate salarii lunare echivalente și lucrează în același domeniu de cercetare - paleobotanică și palinologie;

2008 Raport de fază finală de an cu:

1. Grupele sistematice de plante fosile ce vor fi analizate in cadrul proiectului
2. Baza de date cu specii de plante fosile revizuite urmarind iconografia, descrierile originale si descrieri noi realizate pe materiale din colectii
3. Printarea unor informatii taxonomice si sistematice din cadrul bazei de date XML (eXtensible Markup Language)
4. Taxonii inventariati grupati pe valente ecofiziologice (utilizand corespondentii actuali)
5. Lista cu taxonii (genurile si speciile de plante fosile) care au inregistrat disparitii, aparitii sau momente de maxima dezvoltare in timpul Miocenului in Romania
6. Determinismul climatului asupra plantelor: diverse studii de caz
7. Stabilirea intervalului climatic de toleranta al plantelor fosile miocene din Romania

Construcția bazei de date s-a realizat în cadrul Muzeului Național de Geologie (Institutul Geologic al României) în rețeaua informatică proprie. Cuprinde înregistrări cu peste 150 de floare fosile din țară și străinătate, tabelate pe localități, coordonate geografice, grupe taxonomice de plante fosile (identificate după frunze, spori-polen,

fructe sau lemne) și valențe eco-fiziologice (elemente deciduale, sempervirescente, sclerofile, leguminoase, palmieri, monocotiledonate, ferigi, plante acvaticice etc.). Implementarea informațiilor în baza de date se face în mod continuu, în funcție de investigarea unor noi puncte fosilifere cu plante miocene din țară și străinătate. De asemenea, au fost studiate și înregistrate 31 de asociații palinologice și 15 asociații cu macroresturi vegetale care au fost evaluate din punct de vedere paleoclimatic de către diverși cercetători (R. Givulescu-Chiuzaia, Bazinul Borodului, E. Pop-Borsec) sau de către membrii echipei de cercetare a proiectului (N. Țicleanu-Deva, Racșa, Vișag, V. Paraschiv-Valea Morilor, Ciocadia, D. Țabără & G. Chirilă-Lăpugiu de Sus, Merești, Vlădiceni).

Articole științifice 2008

- Kovar-Eder J., Jechorek H., Kvacek Z. & Paraschiv V. (2008) The integrated plant record: an essential tool for reconstructing Neogene zonal vegetation in Europe, p. 97-111, PALAIOS, Vol. 23, nr. 2, Bruch A., Uhl D. & Mosbrugger V. (eds.), Miocene Climate in Europe. Patterns and Evolution, Society for Sedimentary Geology (SEPM), Tulsa;
- Kovar-Eder J., Kvacek Z., Jechorek H., Mai D.H., Paraschiv V., Stuchlik L. & Walther H. (2008) The integrated plant record (IPR) to reconstruct Neogene vegetation: the IPR-vegetation analysis, p. 391-418, Acta Palaeobotanica, Vol. 47, nr. 2, Warszawa-Cracow;
- Țabără D., Chirilă G. & Paraschiv V. (2008) Estimări paleoclimatice din Miocenul României, pe baza investigațiilor palinologice, 4 p., 2 fig., Analele Științifice ale Universității „Alexandru I. Cuza” din Iași, Iași;
- Paraschiv V. (2008) New Sarmatian plant macroremains from Oltenia region (Romania), Part I, p. 279-286, 2 fig., 2 pl., Acta Palaeontologica Romaniaae, Vol. VI, 2008, Iași;
- Chirila G. & Tabara D. (2008) Palaeofloristic study of the Volhynian from Rasca (Moldavian Platform) – palaeoclimatic and palaeoenvironment implications, p. 29-42, 9 fig., 2 tab., 1 pl., Acta Palaeontologica Romaniaae, Vol. VI, 2008, Iași;
- Paraschiv V. (2008) New data concerning the fossil flora of the Ciocadia Valley, Western Dacian Basin, Romania, p. 1-4, 2 fig., 1 tab., 2 pl., Acta Horti Botanici Bucurestiensis, Vol. 34, Universitatea din București, Grădina Botanică „D. Brândza”, București;

Implicarea tinerilor cercetători și modul în care se reflectă în cheltuielile de personal 2008:

- toți membrii proiectului au acordate salarii lunare echivalente și lucrează în același domeniu de cercetare - paleobotanică și palinologie;
- Țabără Daniel publică teza de doctorat intitulată „Palinologia Sarmatianului mediu și superior din Platforma Moldovenească”, 300 p., 23 pl., Ed. Universității „Al. I. Cuza” din Iași;
- Chirilă Gabriel este sprijinit în elaborarea științifică a tezei de doctorat „Studiul paleofloristic al Volhynianului din Bazinul Văii Rîșca”, conducător științific Prof. Dr. Leonard Olaru, prin finanțarea proiectului IDEI 442; subiectul tezei acestuia încadrându-se în tematica proiectului;
- tinerii cercetători implicați în proiect sunt angajați în elaborarea mai multor lucrări științifice de mare interes;

- Sunt realizate cursuri de inițiere a tinerilor în metodele de cercetare și interpretare paleobotanică și palinologică Coexistence Approach Method și CLAMP - Climate-Leaf Analysis Multivariate Program ce vor fi utilizate în proiect;

2009 Raport de fază finală de an cu:

1. Executarea unor harti paleoclimatice utilizand plantele fosile din Miocenul Romaniei
2. Conturarea arealelor paleogeografice de interes paleobotanic in stransa corelatie cu modelele de facies
3. Desenarea unor harti paleoclimatice, utilizand plantele fosile, pentru fiecare etaj al Miocenului
4. Stabilirea perioadelor de criza climatica utilizand schimbarile in covorul vegetal, la nivelul Miocenului in Romania

Construcția bazei de date s-a realizat în cadrul Muzeului Național de Geologie (Institutul Geologic al României) în rețeaua informatică proprie. Cuprinde 54 de hărți geologice scara 1:200.000, 95 hărți geografice, 2618 hărți topografice scara 1:25.000 și 195 hărți topografice scara 1:100.000. Au fost amplasate aproximativ 200 puncte fosilifere cu plante miocene din România pe aceste hărți. De asemenea, au fost conturate bazinele de sedimentare care au funcționat în timpul miocenului în România, pe hărțile geologice precum și limita domeniului continental acoperit cu vegetație. Fiecare floră fosilă investigată a fost contorizată din punct de vedere al afinităților hidrice și pe criteriile fizionomice. Datele numerice sunt introduse într-o matrice XLS și sunt computeate cu ajutorul programului GIS MapInfo pentru crearea unor paleohărți vegetaționale și climatice.

Articole științifice 2009

- Paraschiv V. (2009) „The Upper Miocene flora and vegetation of Western Dacian Basin“, 7 p., Proceedings of the 33-rd International Geological Congress, (33IGC – 2008), 6-14 August 2008, Oslo, Norvegia, lucrare acceptată de revista Geologica Carpathica, Bratislava;
- Paraschiv V. (2009) „A new species of *Tilia* from the Dacian Basin, Upper Miocene“, 4 p., 1 fig., 1 pl., GEO 2008, Simpozionul National de Geologie si Geofizica, 23-24 Mai 2008, Facultatea de Geologie si Geofizica, Universitatea din Bucuresti, lucrare acceptată de revista Acta Palaeobotanica, Cracovia;
- Țabără D., Chirilă, G. & Paraschiv V. (2009) „The Sarmatian macro- and microflora from Stan’s hill – Bozieni (Moldavian Platform)“, 4 p., 2 fig., 2 pl., Analele Științifice ale Universității „Alexandru I. Cuza“ din Iași, Iasi;
- Țabără D., Chirilă G. (2009) „The Șcheia - Iași natural reservation: a reference area for the Upper Bessarabian fauna and flora from the Moldavian Platform (Romania)“, p. 65-68, 4 fig., Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Series Geologia, Special Issue, MAEGS – 16, Cluj-Napoca;
- Țabără D., Chirilă G. & Paraschiv V. (2009) „Palaeoclimatic estimation from Miocene of Romania, based on palynological investigations“, 6 p., 3 fig., under revisors, Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Series Geologia, Cluj-Napoca;
- Paraschiv V., Țabără D., Chirilă G. & Antoniadă C. (2009) „The Miocene palaeogeography of the emerged landscape in Romania“, 4 p., 2 fig., 2 pl.,

lucrare acceptată de revista Stuttgarter Beitrage zur Naturkunde, Serie B, Stuttgart;

Implicarea tinerilor cercetători:

- Chirilă Gabriel a reușit să își finalizeze teza de doctorat „Studiul paleofloristic al Volhinianului din Bazinul Văii Rîșca“, conducător științific Prof. Dr. Leonard Olaru, în timpul cercetărilor realizate și cu ocazia proiectului IDEI 442; subiectul tezei acestuia încadrându-se în tematica proiectului nostru;
- tinerii cercetători implicați în proiect sunt angajați în elaborarea mai multor lucrări științifice de mare interes;
- cele mai importante metode de cercetare și interpretare paleobotanică și palinologică (CAM și CLAMP) sunt cunoscute de tinerii cercetători participanți în proiect și aplicate în ultimele lucrări;

**Project supported by
The National University Research Council**

**Project name:
Major climatic fluctuations in the romanian miocene: paleobotanical proves**

Period: 2007-2010

Extended abstract:

The actual climatic crisis which we are passing through, make us to be more curious about the climatic evolution of the planet Earth during its geological history.

The Miocene period (23,8-5,3 m.a.) represents a geological time when the influence of the climate was significantly experienced by all living creatures. The plants are the most sensitive indicator of the climatic fluctuations. In this way was registered an accelerated rithm of the global heating process reaching the peak during Lower - Middle Badenian stage (the Middle Miocene climate optimum, between 14,5 and 17 m.a.). The maximum climatic peak was materialized by temperatures, of the ocean system and continental domain, higher than those registered today and in any other times since the Eocene period.

The Romanian Miocene flora (over 150 fossil sites) which preserved spores-pollen, leaves or silicified woods, represents one of the most important paleobotanical archives from entire Europe.

Taking into consideration the previous paleoclimatic data (e.g. 13 fossil flora researched by Ticleanu, 1995 or 12 fossil flora researched by Givulescu, 1997) and calibrating them with the paleoclimatic results offered by the fauna researches, the project uses the C.L.A.M.P. (Wolfe 1993 - Climate-Leaf Analysis Multivariate Program) and C.A.M. (Mosbrugger & Utescher 1997 - Coexistence Approach Method) methods which will be applied for the first time in Romania for paleoclimatic reconstructions.

The main objective of the project represents the construction of the paleofloristic, paleovegetational, paleoenvironmental and paleoclimatic national data base which is essential for the evaluation of the Miocene plant kingdom and the calculation of the major climatic fluctuations separated into the Romanian Miocene deposits.

Research team:

1. Dr. Valentin Paraschiv, Geological Institute of Romania, the National Museum of Geology, project manager – paleobotany, sedimentology, paleoclimatology;
 2. C.S. I Dr. Marioara Vaida, Geological Institute of Romania, member – paleobotany, palinology;
 3. C.S. II Dr. Stanilă Iamandei, Geological Institute of Romania, the National Museum of Geology, member – paleobotany, paleoclimatology;
 4. Lecturer Dr. Daniel Țabără, University „Alexandru Ioan Cuza“ from Iași, Faculty of Geography and Geology, member – palinology, paleoclimatology;
 5. Doctor Gabriel Chirilă, University „Alexandru Ioan Cuza“ from Iași, Faculty of Geography and Geology, member – palinology paleoclimatology;
- † Prof. Dr. Nicolae Țicleanu, University of Bucharest, Faculty of Geology and Geophysics, member - paleobotany, sedimentology, paleoclimatology;

The importance of the project

The project will try to document the natural autoregulation of the climatic system in geological time. Today we experiment global climatic changes produced by the high nocive concentration of the gases.

Natural phenomena like the tropical cyclons intensification, high global rate of precipitation or the rise of atmospheric perturbation for long periods have been registered also into sedimentary processes and fossil plant evolution.

There are enumerated more than 150 fossil floras of Miocene age in Romania, and many of them not researched for years. We take to study all types of fossil floras, which preserved leaves, pollen and fossil woods.

The first scientific work where is made a paleoclimatic calculation is Ticleanu (1995) and the author use for investigation only 18 fossil floras for the Neogene. Only 13 fossil floras are from the Miocene period, and the climatic curve has a dramatic decrease of temperatures during Miocene and Pliocene.

Another work which treats the paleoclimate from Romania is written by Givulescu (1997) who study only 12 fossil floras from Miocene.

One of the most intriguing climatic developments of the Late Cenozoic was the early middle Miocene (14.5 to 17 Ma) global warming event known as the Climatic

Optimum, when global warming peaked in the earliest middle Miocene, at about 16 Ma, marine and terrestrial temperatures were warmer than today and higher than at any time after the Eocene.

The objectives of the project

The main objective is to research the fossil floras in order to seek climatic changes registered in floristic changes and to reveal the paleoclimate through climatic calculations and curves.

Original aspects:

- to increase the known diversity of Miocene fossil plants;
- to clarify the age of some doubtful Miocene floras;
- to treat statistically the paleobotanical information;
- to identify the most important climate-sensitive fossil plant taxa;
- to test different paleoclimatic methods (CAM, CLAMP);

The project promotes:

- the activity of young researchers in scope to work for Bachelor of Science, Master of Science or Doctoral Project;
- the online presentation of paleobotanical and paleoclimatological data;

For present results see page 3-5.

The methodology of research

If vegetation can be used to map modern climate, fossil floras might also be useful for reconstructing ancient climate. There are three basic approaches used by paleobotanists to reconstruct ancient climate from fossil assemblages: (1) nearest living relative or the coexistence model; (2) Climate-Leaf Analysis Multivariate Program (CLAMP); and (3) leaf margin analysis.

Nearest Living Relative or the Coexistence Model

This approach to interpreting past climate uses the climatic preferences of modern plants to interpret the past. Climate reconstruction using ancient vegetation then requires three bits of information: 1) a living relative (preferably a close one) for each fossil species; 2) the autecology of the living relative of each fossil species; and 3) a modern association of species similar to the fossil flora.

Ideally, the modern analog community should be similar to the fossil assemblage in both species composition and relative abundance of taxa. For example, in the hardwood forests of eastern North America, sugar maple (*Acer saccharum*) can tolerate cooler winters than can red maple (*Acer rubrum*). This autecological fact coupled with the relative distributions of the two species allow us to map winter temperatures. If the two species were then recovered from the fossil record, in the same relative abundances, a similar conclusion might be drawn about winter temperature. Similarly, coastal micro-climates in California can be mapped by the presence of the Coastal Redwood (*Sequoia sempervirens*). If Coastal Redwood is found in the fossil record, one might conclude that the area had a mild and foggy climate at some time in the past.

This method relies heavily on the paleobotanist being able to correctly identify each fossil taxon and to match it to an appropriate living relative. The nearest living

relative approach runs into difficulty when fossil groups have no living relatives or when one is uncertain about which living plant might be most closely related to a fossil form.

The former problem is well-illustrated by any of the hundreds of extinct taxa we have studied in lab. The latter problem is exemplified by the oaks of California. The modern analogs of many fossil *Quercus* are strongly debated and the climate preferences of any set of candidates may differ significantly. More importantly, when extrapolating to ancient floras, you cannot guarantee that the autecological preferences of ancestral plants resemble those of their extant descendants. In fact, we assume that ecology does change with evolution-probably faster than does morphology. Furthermore, fossil plant assemblages seldom exactly parallel those of living communities. For example, several cypress genera occur together in the early Tertiary of Spitsbergen (eastern Greenland), but have temperature and precipitation requirements that are, in their modern analogs, mutually exclusive. Consequently, the paleobotanist is at a loss to interpret the climate requirements of extinct taxa when only taxonomic affinities and modern distributions are considered.

Clearly, a taxonomic approach to reconstructing ancient climate has problems. Many of these problems can be avoided by looking at specific features of the plant that might indicate climatic parameters. Webb (1959) classified Australian rain forests based on the physiognomic characteristics of the plants. Physiognomy uses morphological features to reflect some functional or physiological feature of the plant. For example, thick, waxy, succulent leaves indicate arid environments in which the plant must conserve water. These features are convergent (homoplastic) across many lineages. Although homoplasy has been our enemy in the past, here it is very helpful.

Leaf physiognomy is particularly useful for deducing temperature and precipitation patterns because the leaf is instrumental in maintaining plant water and temperature balances. Two methods have made use of leaf physiognomy to reconstruct ancient climate.

Climate-Leaf Analysis Multivariate Program: CLAMP

In a series of elegant papers, paleobotanist Jack Wolfe (see reference list, especially Wolfe, 1993, for a summary and overview) has studied the physiognomic features of modern angiosperm leaves and correlated them with climate in hundreds of communities throughout the world.

Wolfe's work takes a multivariate approach, meaning that he compares many combinations of characters in concert using computer programs. He chose this approach on the assumption that different combinations of environmental factors would interact to produce the pattern of leaf form observed in nature. For example, a hot, moist climate might produce leaf form similar to a cooler, dry climate because heat exacerbates water stress.

Wolfe's work is based on pioneering studies conducted by Bailey and Sinnott (1916), who recognized that certain features of angiosperm leaves had discrete climatic distributions. Wolfe then took these physiognomic parameters and applied them to study fossil leaf floras from the Tertiary of North America. Wolfe's method scores each fossil taxon for 29 leaf characters. The fossil assemblage is then ordinated within the multivariate space of the modern database and climate interpretations are developed from climate vector scores. Because Wolfe's approach is ataxonomic, it avoids the pitfall of changing autecological preference through time. Instead, it relies on the pervasive homoplasy between lineages.

CLAMP also allows each fossil flora to speak for itself as the relative abundance of particular features recalls the ancient climate. This approach does, however, require the adaptationist assumption that leaves will be modified to fit prevailing climatic parameters or, alternatively, that plants bearing certain types of leaves will track their preferred climatic conditions. Furthermore, the current CLAMP database of living plants and climate has difficulties with some climate-vegetation types, like rain forests and alpine vegetation. Another difficulty with this method is a practical consideration: scoring the fossils for all the characters (29 in the latest incarnation of CLAMP) requires skill and different workers are sometimes unable to replicate one another's work.

Leaf Margin Analysis

A third approach to climate reconstruction is directly based on the work of Bailey and Sinnott (1916), who had found a robust relationship between the leaf margin (entire vs. toothed) and climate. Peter Wilf (1997, 1998) has refined this method, which is similar to Wolfe's method, but has the advantage of scoring only one character and therefore minimizing mistakes.

Another advantage of looking at only one leaf feature at a time is that the statistics used allow Wilf to calculate confidence intervals for his prediction of climate. Wilf has tested his assumptions with the CLAMP modern-plant database as well as with independently collected modern floras (mostly herbarium specimens) and found good correlations between leaf margin type and mean annual temperature, and leaf area with mean annual precipitation.

One disadvantage to this method is that we can evaluate only two parameters of climate: **Mean annual temperature** (MAT) and **mean annual precipitation** (MAP). From the plants' perspective, there are many more parameters that may be equally important in survival and reproduction.