

Fenologia - dezvoltare și perspective. O sinteză

Marius Teodosiu, Elena Mateescu

1. Introducere

Interesul pentru fenologie este unul dintre cele mai vechi, având în vedere că, în trecut, posibilitățile de supraviețuire ale omului și, în mod special, activitățile din agricultură, erau legate în mod direct de înțelegerea relațiilor dintre mediu și dezvoltarea florei și faunei (Keatley et al., 2003).

În prezent în contextul schimbărilor climatice, datorită posibilităților de monitorizare, bazate pe sensibilitatea speciilor de plante de a înregistra și de a răspunde condițiilor de mediu, fenologia cunoaște un reviriment (Kramer, 1994; Menzel, 2000; Sparks et al., 2000; Chmielewski și Rötzer, 2001; Sparks și Menzel, 2002).

Chiar dacă România poate fi așezată în rândul unor țări cu tradiție în domeniu în raport cu începuturile efectuării de observații fenologice (Hepites, 1882 b, 1887; Țițu, 1891; 1895), continuitatea acestora la nivel național, pentru specii de arbori și arbuști, s-a întrerupt în anul 1965, odată cu încetarea cercetărilor coordonate de Aurora Tomescu și Teodor Bălănică în cadrul I.C.E.F. De la această dată, literatura forestieră românească de specialitate a prezentat tot mai sporadic rezultate ale unor cercetări fenologice, în special în ultimul deceniu, perioadă în care, după cum arată vanVliet et al. (2003), în străinătate intere-

sul pentru fenologie a cunoscut un trend ascendent.

Pentru speciile cultivate, observațiile fenologice s-au efectuat, începând cu anul 1955, în cadrul Laboratorului de Agrometeorologie din cadrul instituției de resort pentru meteorologie - în prezent Administrația Națională de Meteorologie (A.N.M.) - rezultatele fiind destinate utilizatorilor din domeniul agricol și constituind suportul pentru studiile de impact din acest domeniu.

Existența unor date pe termen lung în diverse rețele naționale, precum și prelucrarea și utilizarea observațiilor fenologice - atât în relație cu schimbările climatice, cât și cu diverse domenii de activitate - a căpătat o importanță deosebită, studiul biodiversității, silvicultura, agricultura, medicina umană fiind numai câțiva beneficiari ai acestor observații, ca și ai fenologiei în general (Sparks et al., 2000; Scheifinger et al., 2002; vanVliet și deGroot, 2003). Pentru domeniul forestier, interesul pentru fenologie a crescut în ultimii ani, producerea fenofazelor fiind un factor important în analizarea schimbărilor în productivitatea netă a arborilor în relație cu schimbările climatice pe termen lung (Schaber, 2002).

Având în vedere aceste aspecte, scopul lucrării este de a realiza, pe baza unor informații din literatura de specialitate româ-

nească și străină, o sinteză a principalelor aspecte referitoare la dezvoltarea și perspectivele fenologiei.

2. Dezvoltarea fenologiei în străinătate

Referindu-se la termenul “fenologie”, Lieth (1974) consideră că aceasta “este în general descrisă ca arta observării fazelor ciclului de viață sau a activității plantelor și animalelor în apariția lor temporală din timpul unui an”, accepțiune pe care o vom găsi și la alți autori (de exemplu Rathcke și Lavey, 1985; Walther et al., 2002). Același sens îl întâlnim și în literatura forestieră de specialitate românească, fenologia ocupându-se cu “studiul principalelor fenomene cu caracter ciclic, vizibile în evoluția anuală a organismelor vegetale și animale” (Cenușă, 1996), în aceeași accepțiune și la Bălănică (1946), Doniță et al. (1977) și Marcu (1983).

O noțiune legată de fenologie este cea de sezonabilitate: “apariția unor anumite evenimente sau grupuri de evenimente biotice și abiotice în decursul unei perioade limitate definite sau al unei perioade a anului astronomic (solar, calendaristic)” (Lieth, 1974). Definiția mai largă a lui Schnelle (1955, citată de Menzel și Estrella, 2001; Sparks și Menzel, 2002), după care “fenologia este studiul evenimentelor naturale sau biologice în relație cu climatul”, include ambele aceste accepțiuni. Termenul se pare că ar fi fost propus mai întâi de către botanistul belgian Charles Morren (1853), cel care l-a consacrat în înțelesul actual - prin stabilirea de metodologii și de raporturi cu climatologia - fiind Carl von Liné (1751)(Hopp, 1974). Cu privire la începuturile fenologiei ca știință, trebuie luată în considerare și referința lui Sarvas (1974),

care menționează că în anul 1735 biologul francez de Reaumur utilizează un model bazat pe suma temperaturilor în studiul fenologiei unor specii de cereale (Reaumur, 1735 citat de Chuine et al., 1998).

Cele mai vechi înregistrări fenologice continue pe termen lung, cunoscute în prezent, provin din Japonia (anul 812 î.Hr.), însă la acea dată scopul acestora nu era unul științific, ci unul referitor la o sărbătoare locală - un festival legat de înflorirea cireșului (Schaber, 2002). Tot în această categorie pot fi incluse și datele existente în calendarul Xia Xiao Zheng din China (sec. al XI-lea î.Hr.), care conținea, alături de evenimente fenologice, și starea vremii, fenomene astronomice, evenimente legate de agricultură, înregistrate cu o periodicitate lunară (Chen, 2003). Pentru Europa, cele mai vechi înregistrări continue sunt cele consemnate în Marea Britanie, pentru perioada 1736-1947 (Sparks et al., 1995), precum și cele făcute în “Calendarium Florae Carniolicae” (1761) în Slovenia. Observații disparate asupra speciilor de plante pentru Europa, fosta URSS și SUA, începând cu anul 1530, sunt înregistrate într-o bază de date istorice la Deutscher Wetterdienst (Germania)(Rachimov, 2004), în timp ce pentru Asia, în China, numeroase date fenologice, pentru ultimii 3000 de ani, au fost identificate în diverse scrieri vechi (Chen, 2003).

2.1. Rețele fenologice

Deoarece încă din perioadele de început ale fenologiei ca știință s-a constatat că interpretarea și analiza comparativă a datelor furnizate de observațiile fenologice este în strânsă legătură cu numărul punctelor de observație, una din principalele preocupări a constat în încercarea de amplasare a acestora pe arii cât mai extinse.

La peste două secole distanță de prima materializare a acestei idei, rețelele de observații sunt de actualitate, Schwartz (1999) considerând de maximă importanță, pentru perioada următoare, dezvoltarea de rețele, atât la nivel național, cât și global.

Rețeaua fenologică este definită de Hopp (1974) ca fiind “alcătuită dintr-un număr de colaboratori care observă și înregistrează data apariției stadiilor de dezvoltare sau fenofazelor plantelor indicatoare”; același autor realizează, pentru perioada 1750-1970, și prima sinteză referitoare la rețelele de fenologie, completări și informații mai detaliate fiind prezentate în Schwartz (2003). În acest sens, se consideră că Linné este primul care desfășoară observații la nivel științific și stabilește o rețea regională de observații fenologice (Schaber, 2002).

2.1.1. Rețele fenologice naționale

Considerate din punctul de vedere al perioadei cu observații continue, în prezent, cele mai importante rețele naționale sunt, într-o ordine a rezultatelor și amplitudinii programului de observații cele din Germania, Marea Britanie, Cehia și Slovacia, în afara acestora existând și alte rețele care desfășoară programe de observații și care au, de asemenea, date utile pentru ultimii 50 de ani, de ex. Elveția, Austria (Rachimov, 2004). Deși la nivel mondial rezultate notabile în domeniu au fost obținute în multe zone, este acceptat faptul că cea mai bogată tradiție a efectuării monitoringului fenologic se găsește în Europa (Menzel, 2003).

Una dintre rețelele naționale cu cele mai notabile rezultate (Sparks et al., 2000) și care continuă tradiția germană a efectuării de observații fenologice este cea coordonată de Deutscher Wetterdienst (DWD),

care funcționează în forma actuală din anul 1922 (Schaber, 2002); ca punct de plecare și referință pentru aceasta trebuie menționată cunoscuta rețea coordonată de Hoffmann și Ihne, care a funcționat în Germania în perioada 1883-1941 (Menzel, 2003). Din anul 1951, DWD operează cu un număr foarte mare de stațiuni fenologice (peste 2000), în care se urmăresc un număr de 167 fenofaze ale unor plante sălbatice, agricole, arbori fructiferi și viță de vie (Menzel, 2001). Stațiunile fenologice sunt amplasate în apropierea unor stații meteo, existând deja aplicații și unele modele elaborate pe baza acestor înregistrări (de ex. Rötzer et al., 2004). DWD editează “Phäno-logie - Jurnal”, o foaie volantă în care sunt publicate informații referitoare la activitatea de fenologie desfășurată în cadrul institutului.

În Marea Britanie, rețeaua fenologică a fost instalată în anul 1875, o serie de modificări referitoare la metodologie și la alegerea stațiilor fiind făcute în anul 1891, forma actuală funcționând din anul 1948 (Sparks et al., 2000). Rezultatele observațiilor sunt publicate în revista “Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society”, pentru perioada 1891-1948 fiind disponibilă sinteza lui Jeffree, (1960).

Începuturile fenologiei în Cehia și Slovacia sunt comune, debutând, pentru scurt timp la nivelul ultimei jumătăți a secolului al XIX-lea și desfășurându-se în mod regulat și organizat începând cu anul 1923, fenofazele observate includ peste 80 de plante, dar și unele păsări migratoare și insecte. Revizuirii ale metodologiei au fost făcute în anii 1956 și 1985 în Cehia, în timp ce în Slovacia ghidul de efectuare a observațiilor a fost completat în anul 1996 (Menzel, 2003).

2.1.2. Rețele fenologice internaționale

Prima rețea fenologică internațională a fost instalată de către Societas Meteorologica Palatina din Mannheim și a funcționat în perioada 1781-1792, incluzând mai multe stațiuni fenologice în întreaga Europă, inițiativa fiind reluată în perioada 1882-1941 (Schaber, 2002). O altă încercare de stabilire a unei rețele internaționale aparține Comitetului Fenologic din cadrul Programului Biologic Internațional (US/IBP), în acest cadru realizându-se, în America de Nord, o serie de cercetări referitoare la fenologie și sezonabilitate (Lieth, 1974). În prezent, își desfășoară activitatea, în paralel, mai multe rețele transnaționale de observații.

International Phenological Gardens (IPG). Probabil cea mai importantă la ora actuală, această rețea a fost înființată în anul 1957 de către F. Schnelle și E. Volkert, ca urmare a deciziei luate cu ocazia primei întâlniri a "Comisiei Agrometeorologice" (1953) a Organizației Meteorologice Mondiale privind începerea unui program fenologic internațional; în prezent, coordonarea rețelei este asigurată de către un colectiv din cadrul Universității Humboldt din Berlin (Chmielewski, 2004). Spre deosebire de alte rețele, IPG este mai curând o rețea de plante decât una de observatori: dacă în celelalte rețele observațiile se fac asupra unor plante cu o largă variabilitate genetică, în acest caz această influență a fost eliminată, prin utilizarea de plante identice din punct de vedere genetic (clone) (Schnelle și Volkert, 1974).

Chmielewski (2004) arată că primele observații fenologice au început la Offenbach a.M. (IPG 24) în anul 1959, rețeaua funcționând fără întreruperi de la data înființării. La nivelul anului 2003 existau un număr de 57 de stațiuni fenologice în 16

țări, în diverse condiții de mediu (altitudine: 10-1500 m, longitudine: 10° V - 30° E, latitudine: 70° N - 40° N); România este singura țară din estul Europei care nu a participat, până în prezent, la acest program. Observațiile fenologice sunt efectuate în cadrul programului standard (18 specii cu diferite varietăți și proveniențe) și în cadrul programului extins (conține în plus câteva proveniențe din diferite zone), asupra unui număr de fenofaze între 3 și 7, în funcție de specie, rezultatele fiind publicate anual în revista "Arboreta Phaenologica".

European Phenological Network (EPN). Rețeaua, inițiată prin Programul Cadru 6 (FP6) al Uniunii Europene în anul 2001 este formată de 13 parteneri din șapte țări (vanVliet et al., 2003), având scopul de a "îmbunătăți monitoringul, evaluarea și prognoza schimbărilor fenologice induse de climat și a efectelor acestora în Europa" (vanVliet și deGroot, 2003). Prin acest demers se are în vedere creșterea eficienței, valorificarea și utilizarea datelor provenite din cadrul rețelelor de monitoring componente și promovarea utilizării datelor fenologice în evaluarea schimbărilor climatice la nivel european. EPN a realizat și o bază de date bibliografică și una dedicată observațiilor fenologice din cadrul rețelelor componente, ce pot fi consultate la adresa Web <http://www.wur.nl/msa/epn/>.

International Co-operative Programme on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests). Programul de fenologie forestieră este unul din cele 11 programe de măsurători ce se efectuează în suprafețele permanente de monitoring de nivel II (level II) din cadrul rețelei ICP Forests, acesta fiind coordonat de "Grupul de experți pentru meteorologie și fenologie". La nivelul Europei există peste 860 de suprafețe permanente de acest fel

(Anonymous, 2002), componenta românească a rețelei ICP incluzând 13 puncte (Badea, 1998). Pentru comparabilitatea datelor, partea a IX-a a manualului ICP, ce include metodologia de colectare a datelor, este dedicată observațiilor fenologice, scopul acestora având în vedere nu atât poluarea aerului, cât mai ales analiza schimbărilor climatice, precum și a relațiilor dintre fenofaze și alte fenomene la nivel de arbore (starea coroanei, vătămări biotice, acumulări de litieră, creșteri în diametru etc.) (Preuhsler, 2002).

Global Phenological Network (GPN). Colaborarea internațională din domeniul fenologiei, în special în ultima perioadă, a condus la ideea realizării unei rețele fenologice la nivel mondial, după un concept asemănător rețelei IPG, prin utilizarea de plante obținute prin înmulțire vegetativă. În cadrul programului standard, observațiile sunt efectuate asupra unui număr de 14 specii, acesta putând fi extins cu fazele de înflorire ale unor specii de plante vernale și subarbuși. Prima stațiune fenologică GPN a fost instalată la Deuselbach - Germania în anul 1998, fiind urmată de alte 15, situate în Asia, Europa, America de Nord; pentru Europa se preconizează a se ajunge în viitor la un număr de 75 de stațiuni GPN (Bruns et al., 2003). Detalii referitoare la GPN se pot găsi pe Web, la adresa: <http://www.dow.wau.nl/msa/gpm/>.

3. Dezvoltarea fenologiei în România

Între cele mai vechi referiri la fenomene fenologice cunoscute până în prezent din România se înscriu cele din “Cronica Brașovului” (1420); primele observații cu caracter științific au fost efectuate de către

Gustav Arz din Sebeș și Ed. Lurtz din Brașov (1850-1860)(Marcu, 1979), iar în perioada 1851-1891, profesorul Ludwig Reisenberg efectuează observații fenologice la flora spontană și cultivată, în zona Sibiu (Berbecel, 1984).

Apreciind importanța observațiilor meteorologice pentru agricultură, Ștefan Hepites publică în anul 1882 lucrarea “Utilizarea observațiilor meteorologice în agricultură” (Hepites, 1882a), realizând totodată și primele “Instrucțiuni relative la observațiuni asupra fenomenelor vegetației și asupra animalelor pentru climatologia unei regiuni” (Hepites, 1882b). El va fi și inițiatorul acestor observații “pe întreaga țară”, primele fișe cu rubrici speciale pentru “determinarea stării de înaintare a vegetației” realizându-se în anul 1886 acesta părând a fi anul efectuării primelor observații fenologice într-un cadru organizat (Țițu, 1891). O lucrare ulterioară (Hepites, 1887) include de altfel prezentarea unor aspecte metodologice referitoare la importanța observațiilor pe termen lung, precum și la dependența grade-zile în producerea fenofazelor. Necesitatea efectuării de observații fenologice era privită, la acea dată, și ca o completare a informațiilor de climatologie, datorită numărului redus de stații meteo existente.

Începând cu anul 1885, în “Analele Institutului Meteorologic” începe publicarea de aprecieri asupra evoluției stării de vegetație în raport cu condițiile meteorologice, în rubricile “Constatarea stării de vegetație”, “Caractere particulare” sau “Starea agricolă”, sub semnătura lui Șt. Hepites, iar mai apoi a lui D. Elefteriu, modul de alcătuire al acestor rubrici având formatul unor caracterizări agrometeorologice lunare, sezoniere sau anuale (Berbecel, 1984).

Din aceeași perioadă de început datează

și colaborarea acestei instituții cu corpul silvic, la acea dată apelându-se la sprijinul silviculturilor în vederea efectuării observațiilor (Bălănică, 1946). Datorită bazei materiale reduse a Institutului Meteorologic, pentru materializarea inițiativei, Hepites formulează o cerere de colaborare către silvicultorii din pădurile statului și din cele de pe Domeniul Coroanei (Hepites, 1887).

Această inițiativă este legată de anul 1888, în fapt prima încercare românească de constituire a unei rețele naționale de observații fenologice, remarcându-se totodată această dată ca fiind apropiată de cea a înființării rețelelor în țări cu tradiție în domeniu la ora actuală (Germania, Marea Britanie).

Unul din cele dintâi seturi de observații fenologice continue dintr-o stațiune fenologică dată (1886-1891), Comăndărești, județul Botoșani) - publicat de (Țițu, 1891), este structurat pe trei categorii de observații - arbori și arbuști, plante agricole și păsări, animale, - datele prezentate în lucrare incluzând valori extreme și mijlocii pentru fenofazele a 30 de specii de arbori și arbuști și a opt specii de plante agricole. Același autor continuă observațiile în stațiunea fenologică menționată (Țițu, 1895; Țițu, 1896) și realizează și prima analiză comparativă a apariției fenofazelor în raport cu alte stațiuni fenologice, precum și încercarea utilizării prognozei fenologice. Țițu efectuează observații și la Glăvănești și Copou (Iași), iar în "Buletinul Ministerului de Agricultură" din noiembrie 1891 publică "Încercări asupra studiului climatologic la Comăndărești cu ajutorul observațiilor fenologice și unele fenomene asupra animalelor".

Prima serie de date fenologice (1887-1895) la arie extinsă - pentru Moldova și Țara Românească - este prezentată de către același autor (Țițu, 1895), pentru un număr

de 31 de stațiuni fenologice și cinci specii de arbori. Datele sunt analizate comparativ, pe gradienti altitudinali și latitudinali, fiind luată ca punct de referință stațiunea Giurgiu. De asemenea, pentru 10 stațiuni și șase specii (trei spontane, trei cultivate) sunt prezentate date referitoare la durata fenofazei și la valorile grade-zile corespunzătoare.

Preocuparea Institutului Meteorologic pentru fenologie se concretizează prin publicarea lucrării "Instrucțiuni relative la observații asupra fenologiei vegetației" (1921)(Otetelișanu, 1923), urmată de propunerea lui C. Dissescu de organizare a unei rețele de stații meteorologice cu program fenologic (1928), materializată în anul 1930, când se înființează Biroul de Meteorologie Agricolă, având drept scop informarea generală asupra stării vegetației culturilor agricole folosindu-se observațiile periodice de la unele stații meteorologice (Berbecel et al., 1963).

În perioada 1932-1940, la solicitarea Institutului Meteorologic Central, Casa Autonomă a Pădurilor Statului (C.A.P.S.) a efectuat, disparat și cu întreruperi mari, observații fenologice pentru un număr de 34 de specii de arbori, arbuști, subarbuști, corespunzător la cinci faze fenologice (înmugurire, înfrunzire, înflorire, coacerea fructelor și căderea frunzelor). O încercare de sinteză (în manuscris, însă rămas necunoscut) a fost făcută de către C.A.P.S. pentru un număr de cinci specii și pentru o parte din fazele de vegetație (Bălănică, 1946). Pentru anul 1938 există informații publicate referitoare la observații fenologice efectuate în București (Rădulescu, 1938).

Prima rețea românească de fenologie forestieră - în accepțiunea prezentată anterior - se va dezvolta în cadrul Institutului de Cercetări Forestiere, sub coordonarea

Laboratorului de Meteorologie și Climatologie forestieră. Bălănică, (1946) arată că observațiile au fost începute în anul 1946, dată la care - "după laborioase studii de literatură de specialitate" - au fost publicate și primele instrucțiuni de realizare a observațiilor fenologice. O analiză comparativă, efectuată cu ocazia începerii observațiilor din programul I.C.A.S. (2004), a evidențiat calitatea și comparabilitatea acestora cu metodologiile actuale, de exemplu cu cea utilizată în rețeaua germană Deutscher Wetterdienst DWD (Anonymous, 1991). Chestionarele I.C.E.F. elaborate la acea dată includeau un număr de 67 de specii și șase fenofaze în plus față de instrucțiunile anterioare apărând colorarea frunzelor și stadiile acestora (început, mediu și final) numărul stațiilor fenologice în primul an de la instalare fiind de 228 (ICEF - 32, CAPS - 134, Fondul Bisericesc Ortodox Român din Bucovina - 38, Fondul Grăniceresc Bistrița Năsăud - 9, Uzinele Domeniilor Reșița - 8, Fondul Grăniceresc Caransebeș 7).

În ciuda entuziasmului manifestat cu ocazia acestui nou început, dificultățile și disfuncționalitățile au fost numeroase: spre exemplu, majoritatea punctelor de observație din anul 1949 nu mai corespundeau cu cele din 1948 (Bălănică și Tomescu, 1949). Până în anul 1955 se efectuaseră observații fenologice sistematice asupra unui număr de 24 de specii forestiere, în 190 de stațiuni fenologice, aspectele urmărite în urma prelucrării datelor colectate referindu-se la desfășurarea în timp și spațiu a fazelor periodice de vegetație, la interacțiunile dintre factorii de mediu și fenofaze - influența temperaturii, influența luminii, influența precipitațiilor, precum și la interacțiunile dintre fenofaze și factorii de relief. În plus, s-au analizat și o serie de influențe interne asupra desfășurării fenofazelor: vârstă, car-

actere, ereditate, particularități fenologice (Tomescu, 1957).

După anul 1955, amploarea cercetărilor s-a diminuat, astfel că în anul 1961 se efectuau observații fenologice asupra a 36 de specii, însă numai în 46 de stațiuni fenologice (Tomescu, 1967); în anul 1965 acest program ia sfârșit, chiar dacă seriozitatea echipei ar fi fost un motiv întemeiat pentru o continuare a cercetărilor. Făcând o comparație cu programe similare desfășurate în străinătate, se poate concluziona că aceasta a fost o decizie eronată: spre interesul pentru fenologia speciilor forestiere a făcut ca în Slovacia, în anul 1986, să debuteze observații de acest fel în fiecare regiune forestieră (Braslavská, com. pers.), în timp ce în Finlanda, începând cu anul 1995, Institutul de Cercetări Forestiere (METLA) a inițiat realizarea unei rețele pentru observații asupra speciilor forestiere (Kubin et al., 2004).

Primul laborator de agrometeorologie a luat ființă în anul 1950 în cadrul I.M.H., programul de observații și măsurători incluzând și observații fenologice asupra culturilor de câmp, iar în anul 1955 Virgil Jianu înființează secția de agrometeorologie, organizată în trei laboratoare și având drept scop deservirea cu informații de specialitate a domeniului agricol. În anul 1959 funcționau în cadrul rețelei Institutului Meteorologic 250 de posturi fenologice, primele instrucțiuni pentru efectuarea observațiilor agrometeorologice fiind realizate în această perioadă (Berbecel et al., 1963).

Reorganizarea activității de agrometeorologie din anul 1960 a vizat și organizarea rețelei de stații și posturi agrometeorologice în conformitate cu normele O.M.M., cu sprijinul direct al Ministerului Agriculturii și Industriei Alimentare. În cadrul programului privind fenologia culturilor agricole

au fost elaborate instrucțiuni speciale, pe categorii de culturi (Berbecel et al., 1962a,b).

În perioada 1961-1970, cercetările privind influența condițiilor agrometeorologice asupra evoluției stării de vegetație s-au axat pe definirea relațiilor dintre dinamica creșterii și dezvoltării plantelor în culturi de câmp și horti-viticole, elaborându-se o serie de studii fito-microclimatice ale căror rezultate au permis raionarea și microraiionarea soiurilor și hibridilor prin prisma cerințelor bioclimatice și a ofertei ecologice. O sinteză a cercetărilor și studiilor efectuate în perioada 1961-1970 o reprezintă monografia "Agrometeorologia", (Berbecel et al., 1970), iar pentru perioada 1977-1982, studiul privind "Zonarea agroclimatică a R. S. România pentru culturi tehnice și cerealiere" evidențiază importanța cunoașterii resurselor climatice ca factor de producție pentru agricultură (Berbecel, 1982).

În anul 1982 s-a elaborat "Îndrumarul agrometeorologic" (Berbecel și Socor, 1982), în care capitoul fenologie ocupă un loc important, observațiile fiind efectuate în platforme agrometeorologice reprezentative pentru speciile agricole cu ponderea cea mai însemnată în structura culturilor de câmp (orz și grâu de toamnă, porumb, floarea-soarelui, sfeclă de zahăr, cartof, etc.), viță de vie și pomi fructiferi (măr, prun, piersic, etc.) din România. Acest ghid specializat pentru agrometeorologii din rețeaua națională de măsurători și observații a fost îmbunătățit și reeditat în anul 1995, fiind adaptat permanent la precizările operate de O.M.M. privind observațiile și măsurătorile de agrometeorologie (Anonymous, 2000).

În domeniul fenologiei forestiere, odată cu încheierea programului coordonat de Aurora Tomescu, cercetările au avut un

câmp mai restrâns de activitate, fie din punctul de vedere al extensiei spațiale, fie raportat la numărul de specii incluse în observație. În prima categorie pot fi incluse cercetările efectuate de Marcu (1972, 1988), care a amplasat în zona Brașov o rețea de stații meteo pe un gradient altitudinal pornind din șesul depresionar al Bârsei și până în etajele presubalpin și subalpin din Masivul Postăvarul, pe acest transect fiind efectuate și observații fenologice; o sinteză a acestor rezultate (Marcu, 1988) prezintă valori ale gradientilor fenologici altitudinali pentru mai multe specii. O altă zonă în care au fost efectuate observații fenologice este cea a Munților Călimani (Cenușă, 1996), în care s-au făcut observații asupra unui număr de șase fenofaze, la molid, zâmbru, scoruș și afin; au fost calculați, pe specii și categorii altitudinale, gradientii fenologici altitudinali, sumele temperaturilor medii zilnice pozitive la declanșarea fenofazelor și lungimea perioadelor interfazice. Dintre observațiile fenologice asupra unei singure specii se menționează cele efectuate de Bud, (1973) la castanul comestibil - *Castanea sativa* și (Olenici, 1998), la *Larix europaea*, în relație cu dăunătorii fructificației; în acest din urmă caz, s-a realizat și un model al creșterii și dezvoltării conurilor de larice bazat pe grade-zile.

Programul actual de fenologie din cadrul Administrației Naționale de Meteorologie (A.N.M.) cu continuitate în unele zone de cca. 50 de ani - include date de specialitate atât pentru culturi de câmp, cât și pentru speciile viti-pomicole, situate în condiții pedo-climatice diferite. Principalele culturi de câmp sunt orzul și grâul de toamnă, porumbul, floarea-soarelui, sfecla de zahăr și cartoful, iar dintre speciile pomicole, mărul, prunul și piersicul. Fazele fenologice includ stadiile

specifice de creștere și dezvoltare a speciilor agricole în raport cu evoluția parametrilor climatici de pe parcursul fiecărui an agricol, pe baza cărui se realizează prognoze ale fazelor fenologice, acesta fiind un capitol bine structurat în activitatea operațională de agrometeorologie din A.N.M. Utilizatorul agricol beneficiază periodic de estimări specializate privind întârzierile sau avansul în vegetație și efectele asupra productivității agricole, prezentate în “Buletine Agrometeorologice” (1980-2005).

Reluarea cercetărilor de fenologie forestieră la nivel național se realizează în anul 2003, prin efectuarea de observații în cinci suprafețe permanente de monitoring de nivel II (Cenușă, 2003), în anul 2004 acestea fiind extinse și în suprafața de la Stâna de Vale (Teodosiu, 2004). De asemenea, începând cu 2004 s-au pus bazele unei rețele de fenologie în fondul forestier național (FENOFOR), pe baza unor programe finanțate de către I.C.A.S. și Regia Națională a Pădurilor - ROMSILVA, observațiile desfășurându-se în 22 de stațiuni fenologice, asupra unui număr de 8 specii forestiere.

Chiar dacă fenologia românească are peste un secol de activitate, din păcate, lipsa unor lucrări publicate în limbi de circulație internațională, coroborată probabil și cu inaccesibilitatea sau necunoașterea celor existente în limba română, au condus la situația în care într-o sinteză recentă a cercetărilor din Europa (Menzel, 2003) nu se regăsește nici o referire la fenologia românească.

4. Colectarea și prelucrarea datelor

4.1. Fenofaze observate și factori de influență. Metodologii

Într-o sinteză referitoare la caracteristicile principalelor rețele fenologice, Rachimov (2004) enumeră diversele categorii incluse în programele de observații: plante, păsări, insecte, organisme acvatice, mami-fere, polen. În mod obișnuit, observațiile sunt efectuate asupra speciilor de plante, fenofazele de interes fiind înmugurirea, înflorirea, coacerea (maturarea) fructelor, colorarea și căderea frunzelor. Sosirea păsărilor migratoare și data depunerii ouălor de către pești (Menzel și Estrella, 2001), apariția fluturilor sunt alte fenofaze observate. De asemenea, în contextul utilizării datelor fenologice la evaluarea schimbărilor climatice, au fost interpretate și înregistrări ale unor fenofaze (denumirea este conformă cu definiția citată a lui Schnelle), precum topirea gheții în râuri și lacuri (Magnusson et al., 2000)

Sub raportul factorilor ce influențează fenologia plantelor, chiar dacă aceștia sunt destul de numeroși - de exemplu boli, dăunători, competiție, factori din sol, caracteristici genetice, vârstă - cei mai importanți sunt considerați, totuși, starea vremii din timpul actualei perioade de vegetație și al celei anterioare, perioada de dormanță și fotoperioada (Menzel, 2000); asupra rolului fotoperioadei, în prezent există încă neclarități, aceasta depinzând de specie și de loc și neputând explica variabilitatea fenologică în absența unei corelații cu temperatura (Chuine et al., 2003).

În mod special, fenofazele de primăvară sunt sensibile la factorul temperatură

(Sarvas, 1972), ceea ce presupune că o analiză a acestora pe termen lung poate oferi informații asupra schimbărilor de temperatură din timpul iernii și al primăverii (Menzel, 2000). În acest sens, analizând înregistrări pe termen lung asupra înfloririi la *Prunus avium*, Sparks și Menzel (2002) au găsit o corelație foarte puternică cu temperaturile din primăvară ($R^2 = 0,69$), ceea ce înseamnă că variabilitatea observată (40 zile) poate fi pusă pe seama acestora. Pe de altă parte, pe baza unei serii lungi de observații (începând din anul 1808) privind înmugurirea castanului (*Aesculus hippocastanum*) în Geneva, Defila și Clot (2001) au constatat că această fenofază este influențată în special de temperaturile din timpul iernii, factorul determinant fiind legat de climatul local din oraș. De asemenea, în cazul fenofazelor de primăvară, aproape toate se corelează cu temperaturile din lunile anterioare, iar unele cu indicele Oscilației Nord-Atlantice (NAO), legat de condițiile climatice din timpul iernii (Walther et al., 2002).

Referitor la fenofazele de toamnă, Sparks și Menzel (2002) arată că acestea tind a fi mult mai dificil de definit, aflându-se și sub influența unor evenimente meteorologice precum înghețuri izolate sau vânturi puternice, informațiile referitoare la relațiile dintre factorii meteorologici și colorarea/căderea frunzelor fiind încă vagi (Menzel, 2002). Dacă, spre exemplu, pentru prognoza fenofazelor de primăvară există numeroase modele, pentru cea a fenofazelor de toamnă nu s-a elaborat încă nici unul (Estrella, 2000; Chuine et al., 2003).

Metodologiile după care se desfășoară aceste observații comportă, în general, anumite diferențe la nivel de rețele naționale, existând uneori în timp modificări chiar în cadrul aceleiași rețele, aspecte ce fac difi-

cilă analiza comparativă a datelor pe arii extinse sau pe termen lung. Una dintre cele mai clare metodologii este cea utilizată în rețeaua germană DWD, aceasta fiind însoțită și de un detaliat ghid ilustrat (Anonymous, 1991); de altfel, multe din metodologiile folosite în Europa au numeroase puncte comune cu această metodologie, un ghid similar fiind elaborată de curând și în Cehia (Coufal et al., 2004).

Spre deosebire de aceste cazuri, din punct de vedere metodologic la nivelul rețelilor transnaționale (IPG, ICP-Forests) există continuitatea necesară: pentru primul caz, spre exemplu, metodologia după care se efectuează observațiile este cea stabilită la înființarea rețelei (1959), ceea ce oferă posibilitatea unei evaluări cât mai apropiate de realitate a seriilor de date pe termen lung provenind din stațiunile fenologice IPG. Aceste date au servit, de altfel, și unor numeroase studii, cum ar fi cele referitoare la modul în care speciile de arbori reacționează la schimbările climatice (Kramer, 1994; Chmielewski și Rötzer, 2001).

Existența acestor diferențe a stat la baza încercărilor de identificare a unei modalități de caracterizare unitară a diverselor fenofaze existente în programele de observație la nivel european; standardizarea acestora, în acord cu codificarea BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, Chemische Industrie) (Meier, 1997), începută în cadrul rețelei europene EPN (Bruns și vanVliet, 2003), a început să fie introdusă deja și în metodologiile rețelilor naționale - de exemplu METLA, Finlanda (Kubin et al., 2004).

4.2. Fenologia și teledetecția

În ultima perioadă, utilizarea infor-

mașilor de teledetecție în fenologie a cunoscut un trend ascendent, în special datorită posibilităților de analiză la o scară largă (Kanga et al., 2003). După Morain (1974), utilizarea imaginilor satelitare în relație cu fenologia poate servi la: delimitarea vecinătăților - pentru studiul așa-numitei "unde verzi", identificarea punctuală - pentru realizarea de clasificări taxonomice și identificarea zonelor diferite - de exemplu a stadiilor de creștere ale culturilor agricole.

În prezent, totuși, una dintre deficiențele studiilor fenologice bazate pe imagini satelitare este periodicitatea uzuală de 7 (10) zile în înregistrarea acestora, mai mare decât schimbările observate în fenologie și decât cea a observațiilor efectuate de la sol (Menzel, 2001).

Menzel și Estrella (2001) fac o trecere în revistă a principalelor tipuri de senzori utilizați în acest scop: AVHRR (advanced very high resolution radiometer) al sateliților NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration's) este primul folosit, are o rotație completă aproape zilnică, date disponibile din anul 1982 la rezoluție de 8 km; SPOT - 1 km rezoluție, lansat în 1998; Envisat MERIS (300 m rezoluție, lansat în 2002); MODIS (mode-rate imaging spectroradiometer), lansat în 1999, este considerat ca posibilul viitor standard pentru studii de fenologie, Zhang et al. (2003) elaborând deja o metodologie și obținând primele rezultate cu acest tip de date.

Din multitudinea de indici referitori la vegetație ce pot fi folosiți pe baza informației extrasă din imaginile satelitare, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) este unul dintre cei mai utilizați (Reed et al., 2003). Într-un studiu utilizând serii de timp de 10 zile pentru NDVI (perioada 1982-2000), extras din date NOAA/AVHRR la o rezoluție de 4 minute,

Ebata și Tateishi (2001) au propus o metodă de calcul a începutului, sfârșitului și lungimii perioadei de vegetație pentru Siberia. Chen et al. (2000), folosind o metodă similară, pe baza unei serii de timp a NDVI - extras din date NOAA/AVHRR - de cinci ani (1983-1988) și a observațiilor fenologice efectuate la 50-70 specii de arbori și arbuști, au determinat lungimea sezonului de vegetație pentru nordul Chinei. O altă aplicație a acestor date este cea dată de Schwartz et al. (2000), care au comparat datele furnizate de senzorii sateliților (1991-1995) cu cele date de modelele fenologice, pentru estul S.U.A., obținând corelații semnificative între cele două tipuri de valori.

În România, în vederea îmbunătățirii supravegherii operative a zonelor agricole și pentru elaborarea de produse informaționale noi, A.N.M. va dispune în anul 2005 de datele primite de la senzorul SPOT/VEGETATION, furnizate perioada 1 martie-30 octombrie în timp real (via FTP). Acestea vor consta din sinteze decadale (VGT - S10 și/sau D10), mozaicuri de segmente de imagini achiziționate în cursul ultimelor 10 zile și indici de vegetație (S-NDVI), calculați pornindu-se de la sintezele decadale, cu informații despre starea sau vigoarea vegetației în momentul achiziției. Acestea vor permite realizarea de produse utile în activitatea operațională de agrometeorologie (hărți cu indici de vegetație corelați cu alți parametri de interes major pentru agricultură - umiditatea solului, condițiile de vegetație, fenologia, stresul hidric și termic etc.) și accesul multiscară, datorită combinației înaltă rezoluție temporală (a senzorului VEGETATION) și înaltă rezoluție spațială (senzorul HRVIR), ambii îmbarcați la bordul sateliților SPOT.

Pentru viitor, având în vedere dezvoltarea rapidă actuală sub raport tehnic și

posibilele aplicații enumerate mai sus, este de așteptat o îmbunătățire a rezoluției spațio-temporale a informațiilor satelitare, precum și o integrare mai bună cu datele rezultate din sistemul clasic de observație.

4.3. Prelucrarea datelor fenologice

Calendarele și hărțile fenologice. Una din metodele cele mai folosite în fenologie pentru prezentarea desfășurării fenofazelor este calendarul fenologic (Marcu, 1979; Cenușă, 2003). În sinteza efectuată de Ahas și Aasa (2003), acesta este definit ca descriind începutul, durata și relațiile dintre fenomenele naturale cu caracter sezonier și considerat drept o metodă integrativă pentru studiul acestora și reprezentarea în mod grafic a sezonității. Aceiași autori fac o trecere sumară în revistă a celor care au elaborat calendare fenologice - Hopkins și Murray (1933) în S.U.A., Ihne (1895) și Schnelle (1955) în Germania, Schultz (1981) în fosta Uniune Sovietică, Defila (1992) în Elveția, Klaveness și Wielgolaski (1996) în Norvegia, Ahas (2001) în Estonia și prezintă și o metodologie, însoțită de exemple, a modului în care acestea se realizează.

În cazul observațiilor fenologice distribuite la o scară largă, cea mai uzuală metodă de prezentare o reprezintă hărțile fenologice, aceasta fiind una dintre metodele folosite de la începutul secolului și până în prezent. Hopp (1974) îi citează pe germanul Ihne, ca fiind primul care întocmește o hartă fenologică și pe Hoffman (1881) pentru realizarea la o scară mai mică, exemplele cele mai recente fiind Walkovszky (1998), Ahas și Aasa (2000), Menzel (2001). Între primele aplicații informatice dedicate reprezentării spațiale a datelor fenologice se menționează SYMAP, utilizat la întocmirea hărților legate de

înflorire la *Cornus florida* și *Cercis canadensis* la nivelul statului Carolina de Nord (S.U.A.) (Lieth și Radford, 1971 citați de Caprio et al., 1974). În prezent, existența unui număr mare de aplicații GIS permite prelucrarea cu ușurință a datelor fenologice spațiale.

Utilizarea modelării. Aplicarea modelării în fenologie este considerată ca una dintre primele încercări de utilizare a datelor fenologice (Lieth, 1974), în ultimul timp, existența unor înregistrări pe termen lung permițând elaborarea de modele fenologice complexe, ca instrumente pentru prognoza producerii fenofazelor în funcție de diverși factori. Schaber (2002) enumeră o serie de aplicații directe ale modelelor fenologice, cel mai adesea ca parte a unor modele de simulare mai complexe: modele de dinamică globală a vegetației, modele de creștere și dezvoltare, modele de productivitate și modele pentru prognoza perioadelor de producere a polenului; de regulă, cea mai mică rezoluție temporală a acestora este de o zi. Importanța modelării în fenologie este susținută de utilizarea acesteia în cadrul unor teze de doctorat pe această tematică (Kramer, 1994; Linkosalo, 2000; Schaber, 2002) și de sinteza efectuată de Chuine et al. (2003).

Sub raportul fenofazelor pentru care au fost identificate modele în literatura de specialitate, ultimii autori menționează înmugurirea (desfacerea frunzelor) (12 referințe), înflorirea (16) și maturarea fructelor (2), cele mai multe modele referindu-se la fenofaze ale plantelor lemnoase și majoritatea fiind dependente de temperatură (Cesaraccio et al., 2001).

Utilizând o clasificare tradițională, în acord cu Chuine et al. (2003), modelele fenologice pot fi împărțite în trei categorii: teoretice, statistice și mecaniciste. Autorii citați menționează, în cazul modelelor teo-

retice, “bazate pe balanța compensatorie a raportului cost/beneficiu de producere a frunzelor în vederea optimizării achiziționării resurselor și destinate mai curând înțelegerii evoluției strategiilor legate de durata de viață a frunzelor în arbori decât variației anuale a fenologiei plantelor”, pe cele elaborate de Kikuzawa (Kikuzawa, 1991; Kikuzawa, 1995a; Kikuzawa, 1995b; Kikuzawa și Kudo, 1995; Kikuzawa, 1996).

Modelele statistice sunt cele care leagă producerea fenofazelor de factorii climatici, pe baza unor metode diferite de compensare (regresie). La baza elaborării acestor modele, între primele utilizate și printre cele mai simple, Chuine et al. (1998) îi citează pe Reaumur (1735), Robertson (1968) și Cannell și Smith (1983), care au arătat că între creșterea mugurilor și suma temperaturilor peste un anumit nivel-prag există o corelație liniară. Aceste modele, cunoscute ca modele de tip grade-zile sunt utilizate și la ora actuală (de ex. Cesaraccio et al., 2001; Snyder et al., 2001; Rötzer et al., 2004), presupunând estimarea datei de la care începe acumularea (adesea considerată 1 ianuarie), valoarea temperaturii prag și suma solicitată a temperaturilor pozitive (Hunter și Lechowicz, 1992). De altfel, chiar în condițiile existenței unor modele mai complexe, se consideră că cele de tip grade-zile rămân importante pentru studiile de fenologie (Schwartz, 1999).

Diferit de această abordare este un model pentru prognoza datei înfloririi în Beijing, la specii mai târzii în raport cu cele mai timpurii, prezentat de Chen (2003): $y_{glădiță} = 91,7 + 0,35x_{lilic} (r = 0,650; p < 0,01)$. În alte cazuri, sunt luate în considerare și alte variabile, respectiv poziția geografică a punctelor de observație, data medie de apariție a fenofazei și coordonatele geografice, pentru Japonia acest tip

fiind verificat în legătură cu înflorirea la *Prunus yedodensis*, pe o serie de timp între 1953-1989; în baza acestui model au fost trasate izoliniile și s-au realizat harta înfloririi acestei specii.

Ultimul tip de modele, cele mecaniciste, se bazează pe descrierea unei relații de tip cauză-efect între procesele biologice și unii factori de mediu, deosebirea față de cele anterioare constând în faptul că acestea includ variabile care, în principiu, pot fi măsurate în mod direct, comparativ cu cele obținute prin metode statistice (Chuine et al., 2003). Un exemplu în acest sens este prezentat de Kramer et al. (2000), care evaluează efectele schimbărilor climatice asupra creșterii arborilor analizând diverse arborete în relație cu fenologia, cuplând modelele fenologice specifice cu modele bazate pe procese (FORGRA).

5. Fenologia și schimbările climatice

Primul care a explicat și care realizează conexiunea dintre fenologie și climat este considerat a fi Linné, în lucrarea sa “Philosophia Botanica” (Menzel, 2002). Creșterea interesului în acest domeniu este generată, în prezent, în special de schimbările climatice care au loc la nivel global. Studiile efectuate consideră că în ultimii 100 de ani climatul s-a încălzit cu aproximativ 0,6 °C, mai ales în două mari perioade: 1910-1945 și din 1976 în prezent (Walther et al., 2002). În mod special, în perioada 1998-2001 se pare că s-au înregistrat patru din anii cei mai calzi, așa cum este cunoscut din înregistrările climatice disponibile (Reed et al., 2003).

Sub raportul metodelor de monitorizare a efectelor mediului, Sparks și Menzel (2002) prezintă fenologia drept modalitatea

ideală de a demonstra efectele încălzirii globale asupra lumii vii. Aceeași idee este exprimată și de Chmielewski și Rötzer (2001) și Walther et al. (2002), care consideră că observațiile fenologice cuantifică cel mai bine reacția plantelor la condițiile climatice, respectiv la schimbările acestora. De altfel, al treilea raport de evaluare al IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) recunoaște, de asemenea, importanța fenologiei pentru evidențierea schimbărilor climatice (IPCC, 2001 citat de vanVliet et al., 2003).

Din punct de vedere fenologic, reacția principală la aceste schimbări este considerată a fi mărirea lungimii sezonului de vegetație (Menzel și Fabian, 1999; Robeson, 2002; Menzel et al., 2003), respectiv o producere mai timpurie a fenofazelor de primăvară și o întârziere a celor de toamnă, la plante și animale.

5.1. Evaluarea schimbărilor climatice la nivel local și național

Sparks et al. (2000), Defila și Clot (2001), Sparks și Menzel (2002) și Scheifinger et al., (2003) arată că datele provenind dintr-o singură stațiune fenologică prezintă o anumită valoare, însă pentru obținerea unor concluzii pertinente, perioada de înregistrări continue trebuie să fie, în general, mai mare de 20 de ani. Cu toate că prezintă anumite distorsiuni care nu pot fi reduse ca în cazul seriilor naționale, aceste date pot fi utile. Seriile de date fenologice care includ perioade mari de observație (de ex. un secol) și care permit evidențierea unei modificări clare de trend nu sunt numeroase, cele mai multe acoperind ultimele 4-5 decenii (Menzel și Estrella, 2001), ceea ce conduce la existența a numeroase diferențe între seriile temporale de date.

Una din analizele efectuate la nivel local este cea referitoare la fenologia castanului (*Aesculus hippocastanum*) în Geneva (Defila și Clot, 2001), care a identificat, pentru ultimii 50 de ani, o tendință de creștere a perioadei sezonului de vegetație cu 13,3 zile. De asemenea, analizând 100 de specii din zona Washington D.C., Abu-Asab et al. (2001) au găsit la 89 dintre acestea o tendință semnificativă spre o producere a primei înfloriri mai devreme cu 2,4 zile. Aceeași autori demonstrează și variabilitatea mai mare a fenofazelor de primăvară, comparativ cu cele de toamnă, similar cu rezultatele prezentate de Roetzer et al. (2000).

La nivelul Germaniei, Menzel (2001) a efectuat o analiză asupra variabilității spațiale și temporale a duratei sezonului de vegetație (16 fenofaze, perioada 1951-1996), rezultatele arătând o puternică variație a acestuia, în sensul unor primăveri mai timpurii (între -0,18 și -0,23 zile • an⁻¹) și al producerii mai devreme a înmuguririi la speciile de foioase (între -0,16 și -0,08 zile • an⁻¹); fenofazele de toamnă prezintă o variație mai redusă (întârziere între +0,03 și +0,10 zile • an⁻¹). Sezonul de vegetație a crescut, în medie, cu 0,2 zile • an⁻¹, în timp ce raportat la perioadă, media pentru perioada 1974-1996 este mai mare cu 5 zile decât cea a perioadei 1951-1973.

Pentru Marea Britanie, Sparks et al. (1995) au întreprins o analiză a răspunsului speciilor la schimbările climatice, pe baza setului de date Marsham. Acesta include descrierea a 27 de indicatori fenologici, iar datele provin din zona Norwich, Norfolk, fiind colectate de către membrii aceleiași familii, timp de cinci generații, acoperind perioada 1736-1947; pentru fenofazele de primăvară sunt disponibile înregistrări pe perioada 1736-1958 (Sparks și Menzel, 2002). Rezultatele studiului au arătat core-

lații ale fenofazelor cu starea timpului de la începutul primăverii, fiind identificată și o tendință liniară spre încălzire, în special pentru lunile noiembrie și ianuarie.

5.2. Evaluarea schimbărilor climatice la nivel regional și continental

Comparativ cu înregistrările locale, mult mai relevante în contextul răspunsului ecologic la schimbările climatice par a fi schimbările regionale, care sunt foarte eterogene din punct de vedere spațial (Walther et al., 2002).

Pentru Europa Centrală, pe baza unor date din Germania, Austria, Elveția și Slovenia, în ultimele decenii, înghețurile au evoluat spre o dată de apariție mai devreme decât fenofazele (Scheifinger et al., 2003). Tendința valorilor datelor apariției ultimului îngheț este spre o scădere de -0,2 zile/an, în timp ce a fenofazelor este între -0,2-0,0 zile/an, una din fazele cu cea mai ridicată valoare absolută: -0,28 zile/an fiind începutul polenizării la *Corylus avellana*. În privința concluziilor cu valoare practică, se arată că riscul la îngheț pare a fi mai scăzut în timpul ultimelor decenii, comparativ cu cele precedente. Această situație este identificată și de Heino et al. (1999 citat de Menzel et al., 2003) pentru nordul și centrul Europei, care a găsit o scădere a numărului zilelor cu îngheț începând din 1930, asociată cu o creștere puternică a temperaturilor minime din timpul iernii.

Pe baza unor date din rețeaua IPG, o tendință spre o venire mai rapidă a primăverii, pentru nordul și centrul Europei, este semnalată de Menzel și Fabian (1999) și de Menzel (2000) confirmată de sinteza făcută de Sparks și Menzel (2002), care arată că schimbările în temperatură au fost mai pronunțate iarna și primăvara devreme.

Singurul studiu pentru zona mediteraneană (NE Spaniei) este cel al lui Penuelas et al. (2002) (perioada 1952-2000), care a constatat că temperaturile medii anuale în această zonă au crescut cu 1,4 °C în perioada menționată, în timp ce precipitațiile au rămas neschimbate, cele mai puternice schimbări, sub raportul temperaturilor și al producerii fenofazelor, apărând în ultimii 25 de ani.

Într-o analiză a diferențelor de climat pe care le generează climatul urban comparativ cu cel din zona rurală (Europa Centrală, perioada 1951-1995), Roetzer et al. (2000) au găsit, în medie, diferențe de 4 zile, în sensul producerii mai devreme a fenofazelor în zonele urbane decât în cele rurale. O explicație în acest sens este dată de Defila și Clot (2001), care amintesc de "efectul de oraș": orașele medii și mari formează insule de căldură ("heat islands"), cu temperaturile medii mai mari cu 2-3 °C decât în împrejurimile acestora.

Din punctul de vedere al variației spațiale, într-un studiu efectuat la nivelul întregii Europe (de la Peninsula Iberică până la Marea Baltică) și bazat pe un set de observații referitoare la înflorirea la *Pyrus communis*, colectate în anul 1882 de către Ihne, Sparks și Menzel (2002) arată că gradientul de trei luni în care aceasta se produce corespunde unor întârzieri de 4 zile pentru fiecare grad de latitudine. Într-o altă analiză la nivel european, pe baza observațiilor referitoare la speciile din IPG (perioada 1951-1996), Menzel (2000) a identificat o tendință medie de -2,1 zile/deceniu pentru toate fazele de primăvară, respectiv 1,6 zile/deceniu pentru cele de toamnă (însă nu atât de clar ca pentru cele de primăvară), aceasta semnificând o extindere a sezonului de creștere, din 1960, cu 10,8 zile (+0,36 zile/an). Autoarea arată că rezultatele sunt susținute de studii simi-

lăre efectuate în Ungaria, Marea Britanie, Estonia și Germania, cu valori ale NDVI bazate pe măsurători satelitare AVHR (1981-1991) sau cu măsurători pe termen lung ale ciclului anual al concentrațiilor CO₂ în Hawaii și Alaska.

Tendențele legate de începutul sezonului de vegetație la nivel european (perioada 1969-1998), corespund unei produceri mai timpurii, în medie cu 8 zile, legate de schimbările temperaturii aerului în primele luni ale primăverii (februarie-aprilie) și unei faze pozitive de creștere a indicelui NAO. De asemenea, o încălzire cu 1 °C în această perioadă conduce la un debut al sezonului de vegetație mai devreme cu 7 zile, în timp ce o încălzire anuală cu 1°C mărește sezonul de vegetație cu 5 zile (Chmielewski și Rötzer, 2001).

Pentru America de Nord, pe baza unor date fenologice la liliac (*Syringa vulgaris*) (perioada 1959-1993), Schwartz și Reiter (2000) au identificat o tendință liniară semnificativă pentru înfrunzire (-0,18 zile/an sau o apariție mai devreme cu 5,4 zile pe o perioadă de 30 de ani), înflorire (-0,14 zile/an, respectiv 4,2 zile/30 de ani) și data ultimului îngheț (-0,15 zile/an, respectiv 4,5 zile/30 de ani). Datele sunt comparabile cu cele publicate de Menzel și Fabian (1999), care au găsit o valoare de cca. 6,0 zile pentru Europa, ceea ce sugerează faptul că schimbările din primăvară sunt sincrone în cel puțin două zone continentale majore. Beaubien și Freeland (2000) au analizat prima înflorire la *Populus tremuloides* la nivelul Canadei (perioada 1900-1997), identificând de asemenea o tendință spre o venire mai timpurie a primăverii, cu 26 de zile în prezent, față de începutul perioadei.

O meta-analiză a schimbărilor petrecute în apariția fenofazelor de primăvară pentru 694 de specii sau grupuri de specii și ultimii 50 de ani este efectuată de Root et

al. (2003), care a constatat existența unei schimbări în funcție de temperatură ("fingerprint") în distribuția acestora și faptul că aceste schimbări au loc în direcția așteptată (80% cazuri): speciile de la latitudini mai mari reacționează mai intens la schimbările de temperatură.

Totuși, un exemplu diferit de cele amintite și care, aparent, nu susține încălzirii globale îl constituie declinul inexplicabil de 15-20 de zile al lungimii perioadelor fără zăpadă și îngheț, datorat venirii mai târzii a primăverii și mai devreme a toamnei, identificat pe baza analizelor înregistrărilor efectuate în pădurile nordice de taiga din Rezervația Lapland - Peninsula Koala, Rusia pentru perioada 1930-1998 (Kozlov și Berlina, 2002).

Totuși în ciuda evidențelor referitoare la încălzirea climatului, pentru a explica această situație într-un mod cât mai apropiat de realitate, Sparks și Menzel (2002) consideră totuși că este nevoie, în plus, de informații mai detaliate, care pot include date zilnice, folosirea temperaturilor minime și maxime mai curând decât a celor medii, temperaturile solului, gradul de urbanizare al unei stațiuni fenologice, precum și consecințele unor concentrații ridicate de CO₂, ozon, azot atmosferic și alți poluanți.

6. Concluzii

Identificată drept una din cele mai bune modalități de cuantificare a schimbărilor climatice, fenologia cunoaște în prezent o reevaluare sub raportul importanței, susținută și de creșterea numărului de publicații din literatura de specialitate din străinătate, în special din ultimul deceniu. Interesul crescut pentru această știință a condus, în această perioadă, la finanțarea de mani-

festări de profil prin mari programe ale Uniunii Europene (FP6, COST), primul dintre acestea având drept rezultat editarea unei lucrări de sinteză, care a adus la zi informațiile din fenologie la nivel mondial (Schwartz, 2003).

Fenologia românească, chiar dacă nu se poate compara cu țări cu tradiție în domeniu, are - potrivit referințelor menționate mai sus - peste un secol de când figurează între preocupările românești de meteorologie-climatologie. Lucrarea de față, în afara prezentării unor informații accesibile în mediul științific din străinătate, însă poate mai puțin cunoscute potențialilor cititori români interesați, a încercat să facă și o trecere în revistă cu caracter istoric a evoluției fenologiei românești, care să adune la un loc principalele puncte de reper, atât din domeniul fenologiei speciilor cultivate, cât și al celor forestiere, precum și o prezentare a relațiilor dintre fenologie și schimbările climatice, ca una dintre aplicațiile recente ale rezultatelor observațiilor fenologice.

Bibliografie

- Abu-Asab, M. S., Peterson, P. M., Shelter, S. G., Orli, S. S., 2001. Earlier plant flowering in spring as a response to global warming in the Washington, DC, area. *Biodiv. Cons.*, 10: 597-612.
- Ahas, R., Aasa, A., 2000. Impact of landscape features on spring phenological phases of maple and bird cherry in Estonia. *Landscape Ecology*, 16 (5): 437-451.
- Anonymous, 1991. Anleitung für die phänologischen Beobachter des Deutscher Wetterdienstes (BAPH). Offenbach am Main, 153 p.
- Anonymous, 1995. *Îndrumar agrometeorologic*. I.N.M.H., București.
- Anonymous, 2000. *WMO - Guide to Agricultural Meteorological Practices*, ediția 1981-1983. Raport Accra Workshop, 2000. Anexa 5. Măsurarea și evaluarea integrității datelor meteorologice.
- Anonymous, 2002. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part I. Mandate of ICP Forests and Programme Implementation. ICP Forests, 38 p.
- Badea, O., 1998. *Fundamente dendrometrice și auxologice pentru monitoringul forestier*. Rezumatul Tezei, de doctorat, Suceava, 35 p.
- Bălănică, T., 1946. Câteva considerațiuni în legătură cu observațiunile fenologice forestiere înregistrate în sezonul de vegetație 1946. *Revista Pădurilor*, 61(11-12): 203-209.
- Bălănică, T., Tomescu, A., 1949. Dăre de seamă asupra observațiunilor fenologice forestiere efectuate în anul 1949. *Studii și Cercetări, Seria I*. Vol. XIII, pp. 71-80.
- Beaubien, E. G., Freeland, H. J., 2000. Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature. *International Journal of Biometeorology*, 44 (2): 53-59.
- Berbecel, O., Jianu, V., Miha, I., Parjol, L., 1962. *Cercetări agrometeorologice la grâul de toamnă*. Culegere de lucrări ale Institutului Meteorologic pe anul 1960, București.
- Berbecel, O., Jianu, C., Mihăilă, E., Parjol, L., 1962. *Cercetări agrometeorologice la cultura porumbului*. Culegere de lucrări ale Institutului Meteorologic pe anul 1960, București.
- Berbecel, O., Jianu, V., Donciu, C., Apetroaiei, Șt., 1963. *Instrucțiuni pentru stații și posturi meteorologice*. Institutul Meteorologic, București.
- Berbecel, O., Stancu, M., Ciovea, N., Jianu, V., Apetroaiei, Șt., Socor, E., Eftimescu, M., 1970. *Agrometeorologia*. Editura Ceres, București, 294 p.
- Berbecel, O., Socor, E., 1982. *Îndrumar agrometeorologic*. I.N.M.H., București, 219 p.
- Berbecel, O. (ed.), 1982. *Zonarea agroclimatică a R. S. România, pentru culturi tehnice și cerealiere*. Manuscris I.M.H.
- Berbecel, O., 1984. *Un secol de la înființarea Serviciului Meteorologic al României - Agrometeorologie*. Institutul de Meteorologie și Hidrologie, București, pp. 131-152.
- Bruns, E., Chmielewski, C. M., vanVliet, A., 2003. The global phenologic monitoring concept. In: M. D. Schwartz, *Phenology: an integrative environmental science*. Dodrecht, Boston, London, Kluwer, pp. 93-104.
- Bruns, E., vanVliet, A., 2003. *Standardisation of phenological monitoring in Europe*. European Phenological Network. Wageningen University

- și Deutsche Wetterdienst, 79 p.
- Bud, N., 1973. Sinteza unui deceniu de observații fenologice la *Castanea sativa* Mill. Revista Pădurilor, 88 (4): 198-205.
- Cannell, M. G. R., Smith, R. I., 1983. Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*. J. Appl. Ecol., 20: 951-963.
- Caprio, J. M., Hoop, R. J., Williams, J. S., 1974. Computer mapping in phenological analysis. In: H. Lieth, Phenology and seasonality modeling. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, pp. 77-83.
- Cenușă, R., 1996. Meteorologie și climatologie forestieră. Aparatură și tehnici experimentale. Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, 148 p.
- Cenușă, R., 1996. Probleme de ecologie forestieră. Teoria fazelor de dezvoltare. Aplicații la moliduri naturale din Bucovina. Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, 165 p.
- Cenușă, R., 2003. Cercetări asupra dinamicii vegetației forestiere (fenologie). Manuscris ICAS, 12 p.
- Cesaraccio, C., Spano, D., Duce, P., Snyder, R. L., 2001. An improved model for determining degree-day values from daily temperature data. International Journal of Biometeorology, 45 (4): 161-169.
- Chen, J., 2003. Phenological data, networks and research. East Asia. In: M. D. Schwartz, Phenology: an integrative environmental science. Dordrecht, Boston, London, Kluwer, pp. 11-25.
- Chen, X. Q., Tan, Z. J., Schwartz, M. D., Xu, C. X., 2000. Determining the growing season of land vegetation on the basis of plant phenology and satellite data in Northern China. International Journal of Biometeorology, 44 (2): 97-101.
- Chmielewski, C. M., 2004. International Phenological Gardens (IPG) in Europe. Humboldt University of Berlin, 7 p.
- Chmielewski, C. M., Rötzer, T., 2001. Response of tree phenology to climate change across Europe. Agric. For. Meteorol., 108: 101-112.
- Chuine, I., Cour, P., Rousseau, D. D., 1998. Fitting models predicting dates of flowering of temperate-zone trees using simulated annealing. Plant, Cell and Environment, 21: 455-466.
- Chuine, I., Kramer, K., Hanninen, H., 2003. Plant development models. In: M. D. Schwartz, Phenology: an integrative environmental science. Dordrecht, Boston, London, Kluwer, pp. 217-235.
- Coufal, L., Houška, V., Reitschläger, J. D., Valter, J., Vráblík, T., 2004. Fenologický atlas. Vydalo Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha, 264 p.
- Defila, C., Clot, B., 2001. Phytophenological trends in Switzerland. Int. J. Biometeorol., 45: 203-207.
- Doniță, N., Purcelean, Șt., Ceianu, I., Beldie, A., 1977. Ecologie forestieră (cu elemente de ecologie generală). Editura Ceres, București, 372 p.
- Ebata, M., Tateishi, R., 2001. Phenological stage monitoring in Siberia by using NOAA/AVHRR data. In: 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5 - 9 November 2001. Singapore, Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing (CRISP), National University of Singapore; Singapore Institute of Surveyors and Valuers (SISV); Asian Association on Remote Sensing (AARS).
- Estrella, N., 2000. On modelling of phenological autumn phases. In: A. Menzel, A. (eds.), Progress in Phenology Monitoring, Data Analysis, and Global Change Impacts. Conference abstract booklet, pp. 49.
- Heino, R., Brazdil, R., Forland, E., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beniston, M., Pfister, C., Rebetez, M., Rosenhagen, G., Rosner, S., Wibig, J., 1999. Progress in the study of climate extremes in northern and central Europe. Climatic Change, 42: 151-181.
- Hepites, S. C., 1882a. Utilizarea observațiilor meteorologice în agricultură. Economia Rurală, III: 390-394.
- Hepites, S. C., 1882b. Instrucțiuni relative la observațiuni asupra fenomenelor vegetațiunii și asupra animalelor pentru climatologia unei regiuni. Buletinul Ministerului Agriculturii, I: 324-334.
- Hepites, S. C., 1887. Necesitatea observării fenomenelor de vegetație. Revista Pădurilor, 1: 185-189.
- Hepites, S. C., 1887. Observațiuni fenologice. Revista Pădurilor, 2: 90-93.
- Hoffman, H., 1881. Vergleichende phänologische Karte von Mitteleuropa. Petermanns Geog. Mitt., 27: 19-26.
- Hopp, R. J., 1974. Plant Phenology Observation Networks. In: H. Lieth, Phenology and seasonality modeling. Berlin, Heidelberg, New York,

- Springer, pp. 25-45.
- Hunter, A. F., Lechowicz, M. J., 1992. Predicting the timing of budburst in temperate trees. *J. Appl. Ecol.*, 29: 597-604.
- IPCC, 2001. Summary for policymakers. A report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Shanghai, 18 p.
- Jeffrey, E. P., 1960. Some long-term means from The Phenological Reports (1891-1948) of the Royal Meteorological Society. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 86: 95-103.
- Kanga, S., Runninga, S. W., Limb, J.-H., Zhaoa, M., Parkb, C.-R., Loehmana, R., 2003. A regional phenology model for detecting onset of greenness in temperate mixed forests, Korea: an application of MODIS leaf area index. *Rem. Sens. Environm.*, 86: 232-242.
- Keatley, M. R., Flechter, T. D., Hudson, I. L., Ades, P. K., 2003. Phenological studies in Australia: potential applications in historical and future climate analysis. *Int. J. Climat.*, 22 (14): 1769-1780.
- Kikuzawa, K., 1991. A cost-benefit analysis of leaf habit and their geographical pattern. *Am. Nat.*, 138: 1250-1263.
- Kikuzawa, K., 1995. The basis for variation in leaf longevity of plants. *Vegetatio*, 121: 89-100.
- Kikuzawa, K., 1995. Leaf phenology as an optimal strategy for carbon gain in plants. *Can. J. Bot.*, 73: 158-163.
- Kikuzawa, K., 1996. Geographical distribution of leaf life span and species diversity of trees simulated by a leaf-longevity model. *Vegetatio*, 122: 61-67.
- Kikuzawa, K., Kudo, G., 1995. Effects of the length of the snow-free period on leaf longevity in alpine shrubs: a cost-benefit model. *Oikos*, 73: 214-220.
- Kozlov, M., Berlina, N., 2002. Decline in the length of the summer season of the Kola peninsula, Russia. *Clim. Change*, 54: 387-398.
- Kramer, K., 1994. Phenology and growth of European trees in relation to climate change. Ph.d., Wageningen, 210 p.
- Kramer, K., Leinonen, I., Loustau, D., 2000. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. *Int. J. Biometeorol.*, 44: 67-75.
- Kubin, E., Kotilainen, E., Terhivuo, J., Vananen, A., 2004. Phenological observation in Finland. *manuscris Manuscris. nepublicat*, 6 p.
- Kubin, E., Poikolainen, J., Hokkanen, T., Karhu, J., Pasanen, J., 2004. Field instructions for plant phenological observations. The Finnish Forest Institute, Muhos Research Station, 19 p.
- Lieth, H., 1974. Modeling Phenology and Seasonality. Introduction. In: H. Lieth, (ed.) Phenology and seasonality modeling. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, pp. 299-300.
- Lieth, H., 1974. Purposes of a phenological book. In: H. Lieth, (ed.) Phenology and seasonality modeling. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, pp. 3-23.
- Lieth, H., Radford, J. S., 1971. Phenology, resource management and synagraphic computer mapping. *BioScience*, 21: 62-70.
- Linkosalo, T., 2000. Analyses of spring phenology of boreal trees and its response to climate change. Ph.d. thesis, Department of Forest Ecology, Helsinki, 55 p.
- Magnusson, J. J., Robertson, B. J., Benson, B. J., Wynne, R. H., Livingstone, D. M., Arai, T., Assel, R. A., Barry, R. G., Card, V., Kuusisto, E., Granin, N. G., Prowse, T. D., Stewart, K. M., Vuglinski, V. S., 2000. Historical trends in lake and river ice cover in the northern hemisphere. *Science*, 289: 1743-1746.
- Marcu, M., 1972. O rețea topoclimatologică și fenologică în Masivul Postăvarul. *Revista Pădurilor*, 87 (4): 184-188.
- Marcu, M., 1979. Fenologia forestieră în România. Realizări și perspective. *Buletinul Universității din Brașov*, XXI:1-6.
- Marcu, M., 1983. Meteorologie și climatologie forestieră. Editura Ceres, București, 1983, 239 p.
- Marcu, M., 1988. Fundamentarea climatologică a silvotehnicii specifice pădurilor montane. Manuscris, referat științific final, Universitatea Brașov, 23 p.
- Meier, U., 1997. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. *BBCB-Monograph*. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Vienna, 622 p.
- Menzel, A., 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *Int. J. Biometeorol.*, 44: 76-81.
- Menzel, A., 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *Int. J. Biometeorol.*, 44: 76-81.
- Menzel, A., 2001. Spatial and temporal variability

- of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. *Glob. Ch. Biol.*, 7: 657-666.
- Menzel, A., 2002. Phenology, its importance to the global change community. *Clim. Change*, 54: 379-385.
- Menzel, A., 2003. Phenological data, networks and research. Europe. In: M. D. Schwartz, (ed.) *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer, pp. 1145-2556.
- Menzel, A., Estrella, N., 2001. Plant phenological change. In: Walther, G.-R. (eds.), "Fingerprints" of Climate Change. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 123-137.
- Menzel, A., Fabian, P., 1999. Growing season extended in Europe. *Nature*, 397: 659.
- Menzel, A., Jakobi, G., Ahas, R., Scheifinger, H., 2003. Variations of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries. *Int. J. Climat.*, 23: 783-812.
- Morain, S. A., 1974. Phenology and Remote Sensing. In: H. Lieth, *Phenology and seasonality modeling*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, pp. 55-75.
- Olenici, N., 1998. Cercetări privind insectele dăunătoare fructificației laricelui din România. *Biologie și combatere*. Teză de doctorat, Universitatea "Transilvania" Brașov., 238 p.
- Otelișanu, E., 1923. *Meteorologia și agricultura cu privire la România*. Buletinul Societății de Geografie, XLIV.
- Penuelas, J., Fillela, I., Comas, P., 2002. Changed in plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Glob. Ch. Biol.*, 8: 531-544.
- Preuhsler, T., 2002. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part IX Phenological Observations. ICP Forests, 39 p.
- Rachimov, C., 2004. European Phenological Network at PIK. Web: <http://www.pik-potsdam.de/~rachimow/epn/html/epn1037009228.html>. Accesat: ianuarie 2004.
- Rachimov, C., 2004. European Phenological Network at PIK - the EPN Questionnaire. Web: <http://www.pik-potsdam.de/~rachimow/epn/html/resultok.html>. Accesat: ianuarie 2004.
- Rathcke, B., Lavey, E. P., 1985. Phenological patterns of the terrestrial plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 16: 179-214.
- Rădulescu, A., 1938. Observații fenologice pentru București. *Anale ICEF*.
- Reaumur, 1735. Observations du thermomètres, faites a Paris pendant l'année 1735, comparées avec celles qui ont été faites sous la ligne, a l'isle de France, a Alger et quelques unes de nos isles de l'Amérique. *Académie des Sciences de Paris*, 545 p.
- Reed, B. C., White, M. A., Brown, A. R., 2003. Remote sensing phenology. In: M. D. Schwartz, *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer, pp. 11-25.
- Robertson, G. W., 1968. A biometeorological time scale for a cereal crop involving day and night temperatures and photoperiod. *Int. J. Biometeorol.*, 12: 191-223.
- Robeson, S. M., 2002. Increasing growing-season length in Illinois during the 20th century. *Clim. Change*, 52: 219-238.
- Roetzer, T., Wittenzeller, M., Haeckel, H., Nekovar, J., 2000. Phenology in central Europe ? differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *Int. J. Biometeorol.*, 44: 60-66.
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C., Pounds, A., 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57-60.
- Rötzer, T., Grote, R., Pretzsch, H., 2004. The timing of bud burst and its effect on tree growth. *International Journal of Biometeorology*, 48 (3): 109-118.
- Sarvas, S., 1972. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. *Commun. Inst. For. Fenn.*, p.
- Sarvas, S., 1974. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. II. Autumn dormancy and winter dormancy. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84, 101 p., p.
- Schaber, J., 2002. Phenology in Germany in the 20th Century: Methods, Analyses and Models. Ph.d. thesis, Department of Geoecology, Postdam, 145 p..
- Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., Peter, C., 2003. Trends of spring frost events and phenological dates in Central Europe. *Theor. Appl. Climatol.*, 74: 41-51.
- Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., Peter, C., Ahas, R., 2002. Atmospheric mechanism governing the spatial and temporal variability of

- phenological phases in Central Europe. *Int. J. Climat.*, 22 (14): 1739-1756.
- Schnelle, F., 1955. *Pflanzen-Phänologie*. Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig, Leipzig.
- Schnelle, F., Volkert, E., 1974. *International Phenological Gardens in Europe. The Basic Network for International Phenological Observations*. In: H. Lieth, *Phenology and Seasonality Modeling*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, pp. 383-387.
- Schwartz, M. D., 1999. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. *Int. J. Biometeorol.*, 42: 113-118.
- Schwartz, M. D., 2003. *Phenology: an integrative environmental science*. Kluwer, Dordrecht, Boston, London, 564 p.
- Schwartz, M. D., Reed, B. C., Bradley, C., 2000. Surface phenology and satellite sensor-derived onset of greenness - an initial comparison. *Int. J. Rem. Sens.*, 20 (17): 3451-3457.
- Schwartz, M. D., Reiter, B. E., 2000. Changes in North American Spring. *Int. J. Climat.*, 20 (8): 929-932.
- Snyder, R. L., Spano, D., Duce, P., Cesaraccio, C., 2001. Temperature data for phenological models. *International Journal of Biometeorology*, 45 (4): 178-183.
- Sparks, T. H., Jeffree, E. P., Carey, P. D., 1995. The responses of species to climate over two centuries: An analysis of the Marsham phenological record, 1736-1947. *J. Ecol.*, 83: 321-329.
- Sparks, T. H., Jeffree, E. P., Jeffree, C. E., 2000. An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *Int. J. Biometeorol.*, 44: 82-87.
- Sparks, T. H., Menzel, A., 2002. Observed changes in seasons: an overview. *Int. J. Climat.*, 22 (14): 1715-1726.
- Teodosiu, M., 2004. Studiu privind starea principalilor parametri climatici în cuprinsul rețelei de supraveghere intensivă a ecosistemelor forestiere (nivel II). Referat științific parțial ICAS, 40 p.
- Tomescu, A., 1957. Fazele periodice de vegetație la speciile forestiere. Sinteza pentru perioada 1946-1955. Ed. Agro-Silvică, București, 123 p.
- Tomescu, A., 1967. Cercetări fenologice la principalele speciile forestiere autohtone din R.S.R. Sinteza pentru perioada 1956-1965. C.D.T.E.F., București, 99 p.
- Țițu, I., 1891. Încercări asupra studiului climatologiei la Comăndărești, districtul Botoșani cu ajutorul observațiilor fenologice și unele fenomene asupra animalelor. Observațiuni pe șase ani (1886-1891). *Revista Pădurilor*, 8: 236-241.
- Țițu, I., 1895. Dezvoltarea vegetației în 1895 și prognosticul timpului. *Revista Pădurilor*, 9:163-165.
- Țițu, I., 1896. Dezvoltarea vegetației în 1896 și prevederea maturității plantelor și recoltelor. *Revista Pădurilor*, 11: 149-153.
- vanVliet, A. J. H., deGroot, R. S., 2003. Toward multifunctional European Phenology Network. In: M. D. Schwartz, (ed.) *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer, pp. 104-117.
- vanVliet, A. J. H., deGroot, R. S., Bellens, Y., Braun, P., Bruegger, R., Bruns, E., Clevers, J., Estreguil, C., Flechsig, M., Jeanneret, F., Maggi, M., Martens, M., Menne, B., Menzel, A., Sparks, T. H., 2003. The European Phenology Network. *Int. J. Biometeorol.*, 47: 202-212.
- Walkovszky, A., 1998. Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 41 (4): 155-160.
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J.-M., Hoegh Guldberg, O., Bairlein, F., 2002. Ecological response to recent climate change. *Nature*, 416: 389-395.
- Zhang, X., Friedl, C. B., Schaaf, C. B., Strahler, A. H., Hodges, J. C. F., Gao, F., Reed, B. C., 2003. Monitoring vegetation phenology using remotely sensed data from MODIS. *Rem. Sensing of Environ.*, 84: 471-475.

Summary

Phenology - development and perspectives. A synthesis

The paper presents to the Romanian readers a state of art regarding the main aspects of the phenology, based on a wide sources of scientific literature, both foreign and Romanian. Thus, it is performed a general view of the phenology development - including historical aspects, activity of the main (European) national and international net-

works. A short history of the Romanian phenology - from the first known references until present - both about the phenology of the cultivated and forest species - as the programs of observations are coordinated by National Meteorological Administration (A.N.M.) and Forest Research and Management Institute (I.C.A.S.), respectively - is presented too. The most important aspects of data collecting and processing - i.e. influence factors, methodologies used, phenology and remote sensing, the use of modeling in phenology - are resumed. A special attention received the relationship phenology - climate change, as a new and useful application of the present and historical phenological records.

Keywords: phenological networks, Romanian phenology, remote sensing, modeling, climate change

Autorii. Ing. Marius Teodosiu este cercetător științific la Stațiunea Experimentală de Cultura Molidului Câmpulung Moldovenesc. Poate fi contactat la adresa de email: mteo@go.ro

Dr. ing. Elena Mateescu, este șeful Grupului de Agrometeorologie din cadrul Administrației Naționale de Meteorologie. Poate fi contactată la adresa de email: mateescu@meteo.inmh.ro.