

# Monitoring zmeny klímy v rastlinných ekosystémoch prostredníctvom fenologických pozorovaní

*O. Braslavská: Monitoring of Climate Change in the Plant Ecosystems by Means of the Phenological Observation. Život. Prostr., Vol. 34, No. 2, 81–83, 2000.*

Phenology as a study of the timing of natural events is an important part of the biometeorology, bioclimatology and other scientific disciplines. From 1923 the phenological observation in Slovakia has been based on the voluntary observers. The Slovak Hydrometeorological Institute manages actually 210 phenological stations. Phenological data represent a part of the Climatological and Meteorological Information System, Partial Monitoring System of Meteorology and Climatology, monthly and yearly Agrometeorological and Phenological Information and other expert papers. Modelling of the crop production and monitoring of the climate change caused renaissance of phenology and beginning of the international phenological projects – IPGs, IPN, GPM, PLANTWATCH, GLOBE. An example of the application of phenological data is shown in Figure 1, which presents the onset of the beech leafing in Slovakia from 1986 to 1999. At the global level the phenological efforts would aim at establishing of the global phenological network using the uniform observation guide, verification and data processing. At the national level it is necessary to stabilise the historical phenological network and to create phenological databank.

Rastlinné spoločenstvá tvoria významnú zložku životného prostredia. Vývin rastlín ako jedincov aj vývin rastlinných spoločenstiev ako celku prechádza viacerými etapami. Tento proces je podmienený vnútornými aj vonkajšími faktormi. Na úrovni jednotlivých rastlín sa vývin ovplyvnený počasím a podnebím, ktoré patria medzi faktory vonkajšieho prostredia, prejavuje každoročne sa opakujúcimi životnými etapami, čiže fenologickými fázami. Veda, zaoberajúca sa časovým priebehom pravidelne sa opakujúcich prejavov živých organizmov v závislosti od počasia a podnebia, sa nazýva fenológia. Je významnou dopĺňajúcou disciplínou nielen biometeorológie a bioklimatológie, ale aj mnohých ďalších vedných odborov (agronómie, lesníctva, geografie a pod.). Časová postupnosť fenologických fáz je ovplyvnená okrem vonkajších faktorov prostredia aj vnútornými danosťami toho-ktorého rastlinného druhu (napr. kvitnutie pred zalísťovaním, dozrievanie plodov až v ďalšom vegetačnom období a pod.).

Historické záznamy o extrémnych udalostiach v súvislosti s priebehom počasia a jeho vplyvom na rastlinstvo sa nachádzajú v kronikách obcí a miest už z obdobia stredoveku. Systematické fenologické pozorovanie na niekoľkých lokalitách, žiaľ, väčšinou len krátkodobé, prebiehalo na území Slovenska až v druhej polovici 19. storočia. Údaje boli publikované v rakúskych alebo uhorských ročenkách. Od r. 1923 bola na báze dobrovoľných pozorovateľov založená rozsiahla sieť fenologických staníc, riadená poľnohospodárskymi výskumnými ústavmi. Od r. 1949 prešla fenologická sieť pod správu Hydrometeorologického ústavu. Zmeny metodiky pozorovania, redukcia a prestavba tejto fenologickej siete r. 1986 spôsobili narušenie homogenity údajov a dĺžky radov pozorovaní na jednotlivých lokalitách. Napriek tomu boli fenologické údaje z obdobia 1931–1960 spracované prevažne v prácach Kurpelovej (1972) a z obdobia 1961–1990 čiastočne v Zborníku SHMÚ č. 38.

V súčasnosti máme na území Slovenska 210 fenologic-



kých staníc. Špeciálne pozorovanie poľných plodín zabezpečujeme na 53, ovocných drevín a viniča na 16 a lesných rastlín na 61 fenologických staniaciach, ktoré boli založené prevažne r. 1986. Na 80 lokalitách pokračuje bez prerušenia, alebo len s krátkodobým prerušením, fenologické pozorovanie poľných plodín, ovocných drevín, lesných a okrasných rastlín a zoofenologické pozorovanie, týkajúce sa predovšetkým niektorých druhov sťahovavých vtákov a troch druhov hmyzu, najmenej od r. 1970, na niekoľkých fenologických staniaciach od r. 1923. Fenologické údaje sú súčasťou *Klimatického a meteorologického informačného systému*, ktorý vytvára Slovenský hydrometeorologický ústav a *Čiastkového monitorovacieho systému meteorológie a klimatológie*. Sú prezentované v mesačných a ročných agrometeorologických a fenologickej informáciách, v šúdiách NKP (Braslavská, Borsányi, Ševčovičová, 1996), v prácach a štúdiách pracovníkov SHMÚ a iných odborných inštitúcií.

V súvislosti s modelovaním vývinu a výnosov poľnohospodárskych plodín, monitorovaním a modelovaním premenlivosti a zmeny klímy aj s predpokladanými dôsledkami antropogénnej činnosti na životné prostredie v 90. rokoch opäť vzrástol záujem vedeckých pracovníkov o fenologické údaje. V r. 1993 bola na 13. kongrese Medzinárodnej bioklimatologickej spoločnosti v Calgary založená fenologická študijná skupina, ktorá svoje aktivity ďalej rozširovala a prezentovala aj na 14. kongrese v Ljubljane r. 1996.

Okrem národných fenologických sietí, ktoré majú dlhú tradíciu najmä v strednej a západnej Európe, do predia záujmu sa dostali aj medzinárodné projekty. Jeden z nich bol založený ešte r. 1957 ako sieť medzinárodných fenologických staníc *IPGs (International Phenological Gardens)*, súčasťou siete bolo aj Arborétum Mlyňany (od r. 1962) a Arborétum Kysihýbel (od r. 1966). Tento projekt je zameraný na fenologické pozorovanie vegetatívne rozmnožených vybraných druhov lesných drevín v súvislosti so štúdiom rozličných vplyvov klímy na rast týchto druhov v Európe. Do konca r. 1995 ho metodicky a organizačne spravovala Nemecká meteorologická služba a od r. 1996 Humboldtova univerzita v Berlíne (Chmielowski, 1996).

Nemecká meteorologická služba vyšla r. 1995 s iniciatívou vytvoriť celosvetovú fenologickú sieť *IPN (International Phenological Network)* v oblasti mierneho pásma, kde sa predpokladá, že vplyv teploty vzduchu je na rast a vývin rastlín rozhodujúci. Opäť ide o rastliny geneticky homogénne, prevažuje zastúpenie kultúrnych ovocných drevín, ktoré tvoria nosnú časť pozorovacieho programu *GPM (Global Phenological Monitoring)*. Doplňkovú časť tvoria vybrané druhy okrasných rastlín. Je žiaduce, aby sa takéto fenologické stanice zakladali v blízkosti meteorologických staníc, čo by umožnilo po-

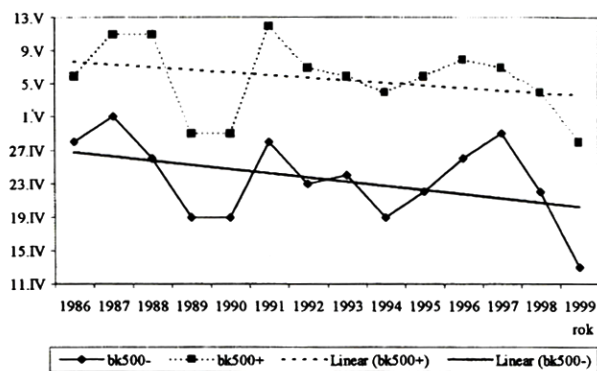
rovnávať fenologické a meteorologické údaje. Slovenský hydrometeorologický ústav vyvíja aktivity, aby sa do tejto siete v blízkej budúcnosti zapojil.

V Kanade už viac rokov prebieha fenologický projekt *PLANTWATCH*, ktorý sa rozšíril aj do USA a je zameraný na pozorovanie vybraných fenologických fáz 8 rastlinných druhov, medzi nimi aj orgovánu obyčajného (*Syringa vulgaris* L.). Údaje o začiatku a plnom kvitnutí tohto okrasného druhu pritom zbierajú od dobrovoľných pozorovateľov z celého sveta. Slovenský hydrometeorologický ústav sa do tejto aktivity zapojil od r. 1998.

Široko koncipovaný celosvetový program *GLOBE (Global Learning and Observation to Benefit the Environment)* je zameraný na pozorovanie a zaznamenávanie prírodných javov v najbližšom okolí dobrovoľných pozorovateľov z okruhu študentov, učiteľov, odborníkov zaujímajúcich sa o prírodu. Údaje sa posielajú prostredníctvom internetu do centrálneho archívu a slúžia na rozličné analýzy a štúdie kvality a zmien životného prostredia širokému okruhu vedeckých pracovníkov. Okrem iných údajov (napr. o atmosférických zrážkach, teplote vzduchu a i.) sa zbierajú aj fenologické údaje. Do tohto programu je už zapojených okolo 8000 škôl z viac ako 80 krajín sveta, zo susedných krajín je to Rakúsko, Česká republika, Maďarsko a Ukrajina.

Z hľadiska monitorovania klimatickej zmeny na lokálnej, regionálnej a globálnej úrovni majú veľký význam fenologické údaje pozorované na "divorastúcich" rastlinách v ich prirodzených areáloch rozšírenia, ktoré nie sú priamo ovplyvnené ľudskou činnosťou (hnojením, závlahami, šľachtením, chemickou ochranou a pod.). Reakcia týchto rastlinných druhov na vonkajšie prostredie poskytuje informácie o jeho zmenách a o schopnosti rastlín prispôbiť sa im na úrovni jedinca aj celého rastlinného spoločenstva. Naopak, kultúrne rastliny sú často pestované aj v oblastiach nevhodných na ich rast a vývin a veľmi citlivo potom reagujú na extrémne prejavy počasia, ktoré môžu úplne zastaviť ich rast a vývin (napr. neskoré jarné mrazy a teplomilné plodiny).

Zalisovanie listnatých drevín otvára každý rok veľké vegetačné obdobie. Najvýznamnejšou lesnou listnatou drevinou na Slovensku je buk obyčajný (*Fagus sylvatica*). Analýza fenologickej fázy "začiatok zalisovania" v oblastiach pod aj nad 500 m n. m. ukázala, že v období 1986-1999 táto drevina vykazovala klesajúci lineárny trend začiatku zalisovania v oboch skupinách (obr. 1). Nepriamo, ale významnú závislosť medzi teplotnými pomermi v marci a apríli pred začiatkom zalisovania v oblastiach do 500 m n. m. vyjadruje aj koeficient korelácie -0,83 a v oblastiach nad 500 m n. m. -0,76. Skorší nástup zalisovania znamenal aj skorší nástup vegetačného obdobia, a tým aj predĺženie jeho trvania. Toto je malý príklad využitia fenologických údajov ako súčasti klimatických údajov.



1. Nástup zalisťovania buka obyčajného do a nad 500 m n. m. na území Slovenska (1986–1999)

Na regionálnej úrovni sa podobné poznatky získali aj analýzou fenologických údajov zo siete IPGs z Horného Rakúska (Koch, 1999), z Nemecka (Fabian, Menzel, 1998), z Anglicka (Sparks, Carey, Combes, 1997) a Maďarska (Walkovszky, Bussay, Szinell, 1996). V posledných dekádach 20. storočia bol pozorovaný skorší nástup vegetačného obdobia a následkom toho aj jeho predĺženie, čo súvisí s rastúcim trendom teploty vzduchu na konci zimy a na začiatku jari. Na lokálnej úrovni bol pozorovaný skorší začiatok zalisťovania pagaštanu konského (*Aesculus hippocastanum*) v Ženeve (Defila, 1992), alebo kvitnutia snežienky jarnej (*Galanthus nivalis*) v oblasti Mníchova (Sachweh, Rotzer, 1996) ako dôsledok otepľovania vo veľkých mestách (urbanizácia, priemysel, doprava, vykurovanie domácností a pod.).

V miernom pásme, kam patrí aj Slovensko, je teplota vzduchu rozhodujúcim meteorologickým prvkom, ktorý ovplyvňuje začiatok, priebeh a trvanie vegetačného obdobia. V súvislosti s očakávanou zmenou klímy sa predpokladá otepľovanie, čo pravdepodobne ovplyvní aj časový a priestorový nástup a trvanie fenologických fáz. Zmena teplotného režimu môže spôsobiť zmenu areálu rozšírenia jednotlivých rastlinných druhov aj zmenu druhového zloženia rastlinných spoločenstiev. Ďalším následkom môže byť zhoršenie zdravotného stavu rastlín, kvality a kvantity rastlinnej produkcie a pod. Fenologické údaje z oblastí, ktoré sú nedostatočne pokryté meteorologickou sieťou, môžu teda nepriamo poskytnúť informácie o prípadných zmenách klimatických pomerov.

Využitie klasického fenologického pozorovania sa predpokladá aj v monitorovaní interakcií medzi atmosférou a biosférou pomocou satelitných snímok. Fenologické, tzv. povrchové, údaje sa uplatnia pri vyhodnocovaní a interpretovaní týchto snímok. Podobne, modelovanie vývinu rastlín vo vegetačnom období vyžaduje

okrem iných vstupných údajov aj niektoré fenologické dáta.

Okrem fenologického pozorovania rastlín treba však venovať pozornosť aj fenologickému pozorovaniu živočíchov, ktoré je oveľa menej rozvinuté, ale nemenej dôležité, ako o tom svedčia niektoré analýzy správania sa sťahovavých vtákov, hniezdenia vtáctva, výskytu škodlivého hmyzu a pod.

Úsilie fenológov na celom svete by malo smerovať k vytvoreniu celosvetovej fenologickej siete s unifikovanou metodikou pozorovania, kontrolovania a spracovania prvotných údajov, pretože v súčasnosti veľkú bariéru pri spracovaní fenologických údajov z rozličných štátov predstavujú práve rozdielne metodiky pozorovania. Na úrovni jednotlivých štátov je okrem toho treba venovať pozornosť stabilizácii historickej fenologickej siete (dlhé rady fenologických údajov) a tvorbe fenologickej databanky (počítačovému spracovaniu).

## Literatúra

- Braslavská, O., Borsányi, P., Ševčovičová, Z., 1996: Analýza nástupu fenologických fáz rastlín v Sučanoch v závislosti od zmien teploty vzduchu. Národný klimatický program SR, zv. 4, MŽP SR a SHMÚ, Bratislava, p. 77–90.
- Defila, C., 1992: Klima, Witterung und Biosphäre. Forum fur Wissen, p. 127–136.
- Fabian, P., Menzel, A., 1998: Wie sehen die Wälder von morgen aus – aus der Sicht eines Klimatologen. Forstw. Cbl. 117, p. 339–354.
- Koch, E., 1999: Phenology in Austria Phenological Mapping, Long-Term Trends. Workshop on Phenology, Prague.
- Kurpelová, M., 1972: Fenologické pomery kraja. In: Petrovič, Š. (ed.): Klimatické a fenologické pomery Stredoslovenského kraja. Hydrometeorologický ústav Bratislava, p. 327–415.
- Chmielewski, F. M., 1996: The International Phenological Gardens Across Europe. Present State and Perspectives. Phenology and Seasonality, 1, p. 19–23.
- Sachweh, M., Rotzer, T., 1996: Phenological Phases and Urban Climate Modification. Proc. 14<sup>th</sup> International Congress of Biometeorology Ljubljana.
- Sparks, T. H., Carey, P. D., Combes, J., 1997: First Leafing Dates of Trees in Surrey Between 1947 and 1996. The London Naturalist, 76, p. 15–20.
- Walkovszky, A., Bussay, A., Szinell, C., 1996: Warming in Long Term Phenological Data in Hungary. Proc. 14<sup>th</sup> International Congress of Biometeorology Ljubljana.

RNDr. Oľga Braslavská, CSc. (1947), odborná pracovníčka Slovenského hydrometeorologického ústavu, pracovisko Banská Bystrica, Zelená 5, 975 90 Banská Bystrica. E-mail: olga@hmubbsco.shmu.sk