

MOŽNOSTI STANOVENÍ JEDNOTLIVÝCH FENOFÁZÍ BROSKVONÍ NA ZÁKLADĚ METEOROLOGICKÝCH ÚDAJŮ A JEJICH VYUŽITÍ PŘI PROGNOZE TERMÍNU SKLIZNĚ

Tomáš Litschmann

Summary:

Possibilities of determining particular phenological states of peaches on the basis of meteorological data and its application in the prognosis of harvest time

Submitted work deals with relation between some thermal characteristics and important phenological states in view of cultivation of peach trees. Its objective is to inform growers about early determining of harvest time, which is important from the view of marketing.

Processed data are from the period 1998-2005 for the variety Frederica –Catharina which is cultivated in the locality Velké Bílovice. For this locality measured meteorological and phenological data were needed for formulation of individual relations.

It was found good relation between the sum of hourly active temperatures above 7 °C from the year beginning to the start of flowerage. Also was verified the model for harvest time determining on the basis of the sum AT for the period 30 days from flowerage was checked. This model provided relatively good results, however in some cases had to be corrected with the view to later coming of high temperatures.

Souhrn:

Předložená práce se zabývá vztahem mezi některými teplotními charakteristikami a důležitými fenologickými fázemi z hlediska pěstování broskvoní. Jejím cílem bylo poskytnout určitý návod pro jejich pěstitele zejména s ohledem na včasné stanovení termínu sklizně, který je důležitý z hlediska marketingu.

Zpracovány jsou údaje za období 1998 – 2005 pro odrůdu Frederika – Catharina pěstované v lokalitě Velké Bílovice, pro níž byly k dispozici fenologické i podrobné meteorologické údaje potřebné pro definování jednotlivých vztahů.

Byla zjištěna poměrně dobrá závislost mezi sumou aktivních teplot nad 7 °C od počátku roku do začátku kvetení, byl rovněž ověřován model stanovující termín sklizně na základě sumy AT za období 30-ti dnů od kvetení. Tento model poskytoval poměrně dobré výsledky, v některých případech však musel být korigován s ohledem na pozdější nástup vysokých teplot.

Úvod

Průběh povětrnosti v jednotlivých letech do značné míry ovlivňuje nástup a průběh jednotlivých fenologických fází nejen ovocných dřevin. Znalost vzájemných souvislostí mezi meteorologickými charakteristikami a fenologickými fázemi umožňuje posoudit jednak vliv případných změn klimatu na pěstované plodiny (popřípadě opačný postup, tj. dokumentovat změny klimatu změnami v nástupu jednotlivých fenologických fází), z praktického hlediska je však pro pěstitele daleko důležitější znalost termínu některých důležitých fenologických fází rozhodujících z hlediska prováděných agrotechnických operací. Již na počátku vegetace je rozhodující stanovit optimální termín ošetření proti kadeřavosti broskvoní (Litschmann, T.,

Pokorný, I. (2003)), přičemž tento termín je v těsné souvislosti s jejich rašením. Ačkoliv se jedná o houbovou chorobu způsobenou houbou *Taphrina deformans*, v tomto případě nemoделujeme vývoj škodlivého činitele, nýbrž jeho hostitele. Jelikož se jedná o první fenofázi, která následuje po zimním klidu, je velmi obtížné stanovit, kdy k jejímu nástupu dojde. Kvetení je jednou z dalších fenofází, která je poměrně velmi dobře pozorovatelná na pěstovaných stromech a tudíž z důvodů poměrně přesného stanovení termínu nástupu slouží jako vhodný podkladový materiál k ověřování fenologických modelů, pokud by se podařilo zvýšit dobu předstihu úspěšné předpovědi jarních mrazíků, bylo by možné využít znalost termínu kvetení broskvoní k lepší organizaci protimrazových opatření. Z pěstitelského hlediska je

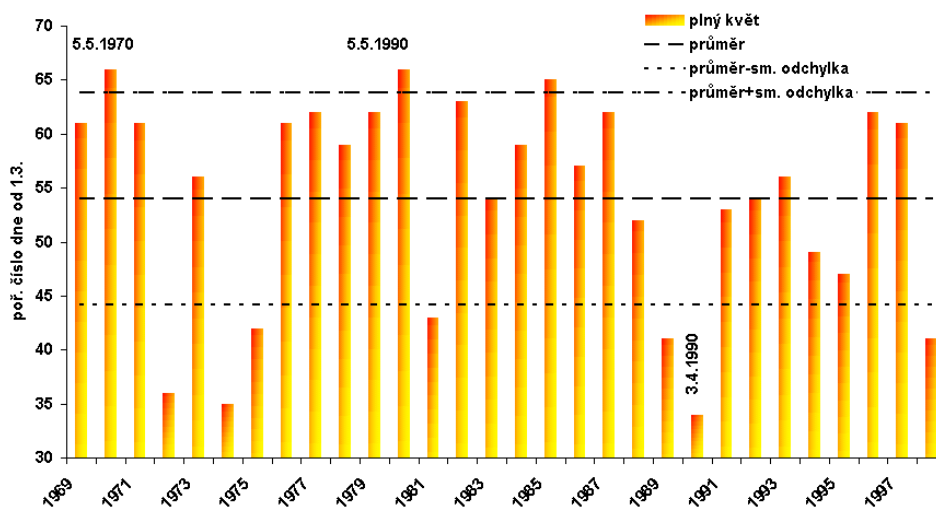
sklizeň nejnáročnějším obdobím jak z hlediska vhodné organizace práce, tak i zajištění odbytu vypěstovaných plodů. Je proto vhodné znát s dostatečným předstihem termín počátku sklizně, zejména u těch pěstitelů, kteří mají užší sortiment odrůd, popřípadě výrazné zastoupení některé odrůdy. V práci (Litschmann, T., Valášek, J. (1989)) byla zkoumána závislost termínu sklizně meruněk na vybraných meteorologických faktorech, vzhledem k dostupným podkladům však bylo možno odvodit tyto vztahy nikoliv pro jednotlivé odrůdy, nýbrž pro konkrétní zemědělský podnik Rovněž hodnoty meteorologických prvků byly dostupné pouze v denních průměrech, což snižovalo možnost stanovení přesnějších závislostí.

Představu o tom, jaká je variabilita některých výše uvedených fenofází v podmínkách jižní Moravy, si lze udělat z obr. 1 a 2, na nichž jsou znázorněny termíny kvetení a nástupu plné

sklizeň odrůdy Redhaven za období 1969-1998. Tyto údaje jsou převzaty z publikace Bažant, Litschmann, Svoboda (1999). Pokud jde o kvetení, nejdříve se vyskytlo v roce 1990, a to 3. dubna, naopak nejpozději tato odrůda kvetla v letech 1970 a 1990, 5. května. Variační rozpětí představuje více než jeden měsíc. Průměrné datum kvetení je 23.4., směrodatná odchylka 9,8 dne.

Sklizeň broskví začala nejdříve u této odrůdy 25.7. v roce 1998, nejpozději naopak v roce 1980, a to 25.8. Vidíme zde rovněž variační rozpětí jednoho měsíce, přičemž průměrné datum je 6.8. (což poměrně dobře odpovídá literárním údajům), směrodatná odchylka je 7,6 dne. Termín sklizně odrůdy Redhaven je v ovocnářství jakýmsi základním vodítkem, od nějž se relativně odvozují termíny sklizně ostatních odrůd.

Nástup fenofáze plný květ u broskvoní odr. Redhaven



Obr. 1

Z těchto údajů je zřejmé, že v jednotlivých letech dochází k poměrně výrazné variabilitě v nástupu sledovaných fenofází s ohledem na průběh povětrnostních podmínek v konkrétním roce. Lze předpokládat, že se zvyšováním variability jednotlivých meteorologických prvků, tak jak je naznačeno v některých studiích zabývajících se klimatickou změnou, bude docházet i ke zvyšování proměnlivosti nástupu fenofází. Z obr. 3 je přitom zřejmé, že neexistuje prakticky využitelná závislost pouze mezi termínem kvetení a následující sklizně, koeficient korelace dosahuje hodnoty 0,46. Lze jen konstatovat,

že při extrémně opožděném kvetení nelze počítat s tím, že by se sklizeň uskutečnila v obvyklém termínu.

Materiál a metody

Při vyhodnocování vztahu mezi meteorologickými prvky a nástupem fenofází u broskvoní jsme byli nuceni vycházet z dostupného podkladového materiálu, přičemž abychom dosáhli co nejpřesnějších výsledků, stanovili jsme si jako jednu z podmínek možnost použít průměrné hodinové teploty vzduchu. Proto jsme se

rozhodli pro zpracování fenologických pozorování odrůdy *Frederika – Catharina* v katastru obce Velké Bílovice, pro níž byly k dispozici právě poměrně přesně registrované teploty vzduchu ve čtvrt hodinových intervalech pomocí registrátoru HOBO (viz např. Litschmann (1999)) umístěném poblíž sledovaného sadu. Zpracované období zahrnovalo roky 1998 až 2005, přičemž údaje o fenofázích byly k dispozici od roku 1994.

Zaměřili jsme se na vyhodnocení nástupu kvetení a počátku sklizně, které byly pečlivě zaznamenávány v každém ze sledovaných let. Za počátek sklizně bylo stanoveno období, kdy bylo sklízeno již pravidelně tržně významné množství plodů.

Z meteorologických charakteristik, jež by se daly použít jako nezávislá proměnná do předpovědního modelu nástupu jednotlivých fenofází, byla vybrána a ověřena suma aktivních hodinových teplot nad 7 °C. V zahraniční literatuře je k tomuto účelu používána charakteristika označovaná jako GDH (Growing Degree Hour), přičemž např. v práci (Pérez-Pastor A. et al. (2004)) je jí rozuměna suma efektivních teplot (nad 6 °C), zatímco (DeJong, T.M. (2005)) pro její vyjádření pro broskvoň použil kombinaci dvou kosinových křivek a počítá GDH na základě vztahu

$t \leq 25$:

$$GDH = 10,5(1 + \cos(3,14 + 3,14(t-4)/(25-4)))$$

$t > 25$:

$$GDH = 21(1 + \cos(3,14/2 + 3,14/2(t-25)/(36-25)))$$

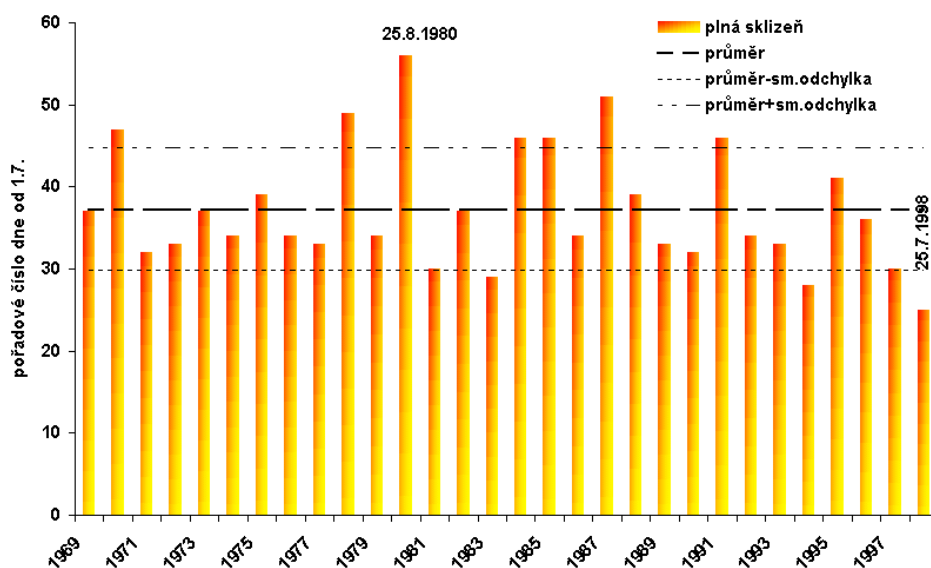
kde t = teplota [°C]

Průběh této funkce lze sledovat na obr. 4 a vyplývá z ní skutečnost, že se předpokládá, že vývoj broskvoň probíhá nejrychleji při teplotě 25 °C, zatímco jak vyšší, tak i nižší teploty jej zpomalují. Tento předpoklad je v poměrně dobré shodě se závěry, které uveřejnil Yin, Y. et al. (1995). Pokusili jsme se proto nahradit SAT7 v našich výpočtech takto stanovenou hodnotou GDH, nedospěli jsme však ke zpřesnění výsledků. Pravděpodobně vzhledem k rozložení teplot v našich podmínkách se neuplatňuje výrazněji retardační vliv vyšších hodnot na fenologický vývoj.

Termín nástupu jednotlivých fenofází a teplotní charakteristiky v jednotlivých letech

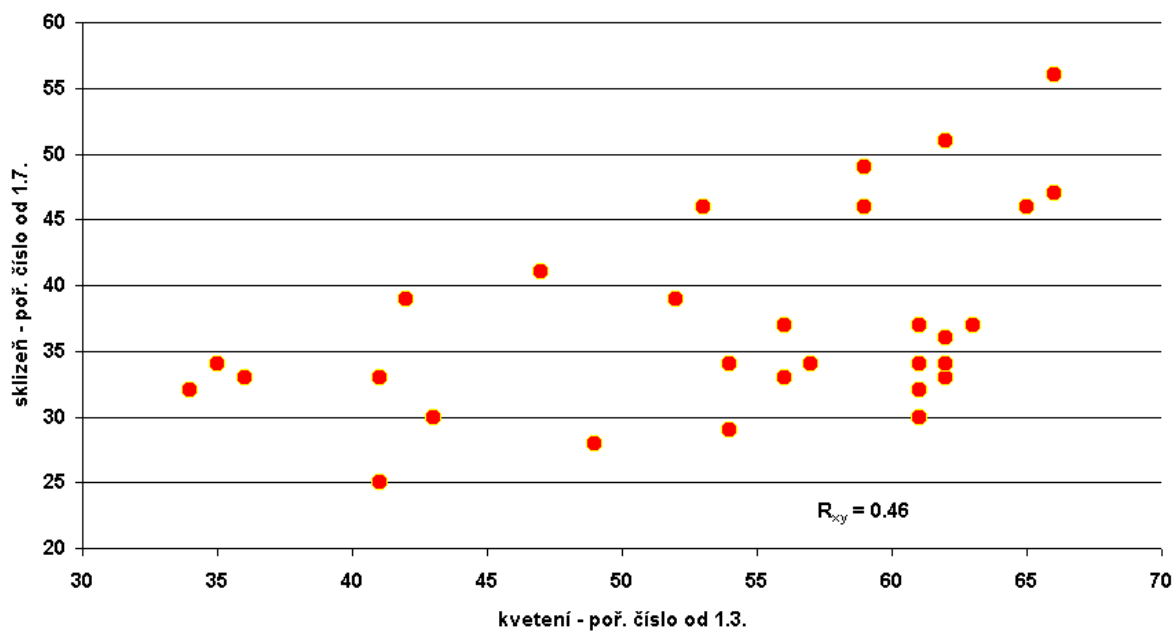
Průměrný termín počátku kvetení vybrané odrůdy (viz. obr. 5) za celé období byl 19.4., přičemž směrodatná odchylka byla 6,2 dne. Nejdříve kvetení nastalo v roce 1998, a to 7. dubna, nejpozději v letech 1996 a 1997, 29. dubna. Variační rozpětí tak dosáhlo 23 dnů, je tudíž o něco menší než u odrůdy Redhaven a delšího třicetiletého období.

Datum nástupu plné sklizně broskví odrůdy Redhaven



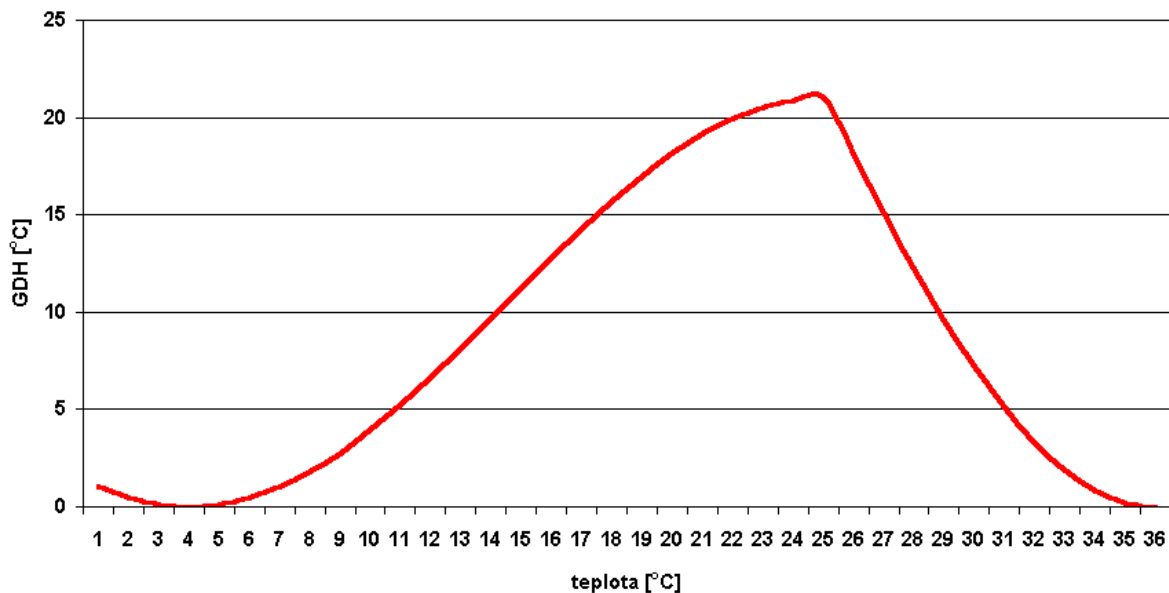
Obr. 2

Závislost mezi termínem kvetení a sklizně - Redhaven 1969-1998



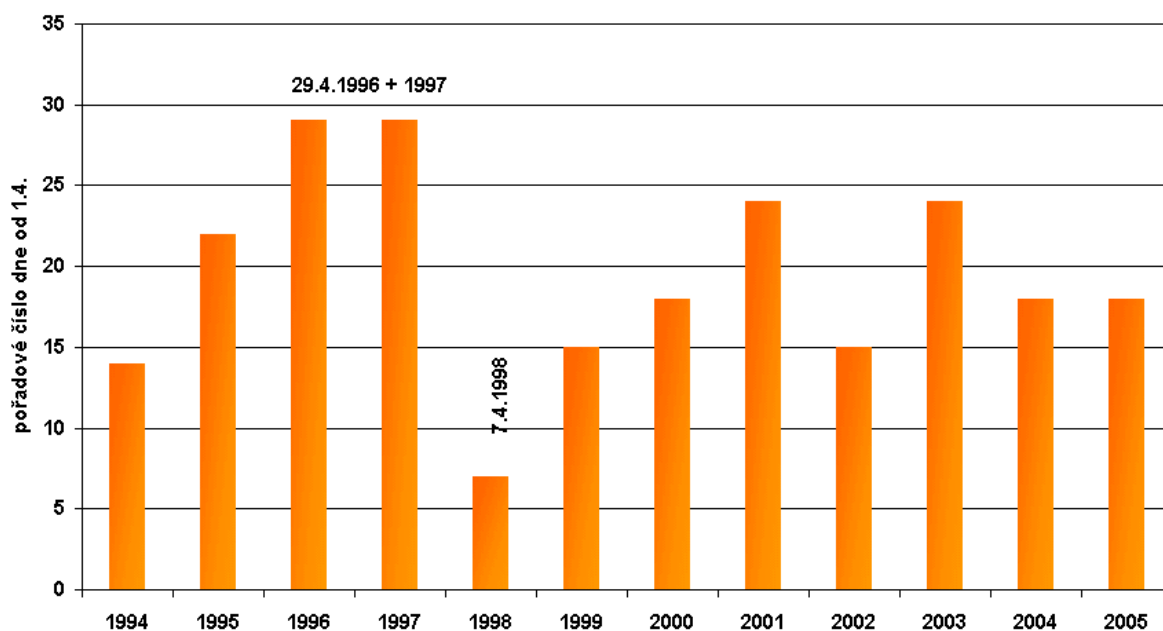
Obr. 3

**Grafické vyjádření vztahu mezi teplotou vzduchu a GDH
DeJong, T.M. (2005)**



Obr. 4

Počátek kvetení odrůdy Frederika - Catharina

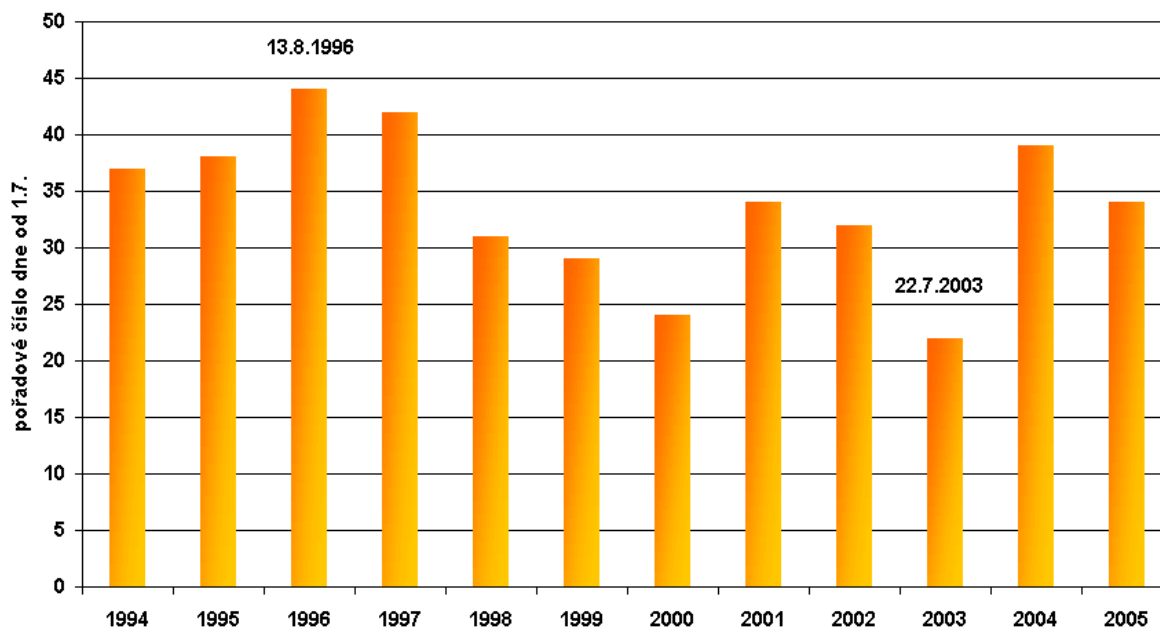


Obr. 5

Průměrný termín počátku sklizně (viz obr. 6) byl 3. srpna, směrodatná odchylka dosahovala 6,4 dne. Nejdříve byla sklizeň zahájena v roce 2003, již 22. července, naopak nejpozději v roce

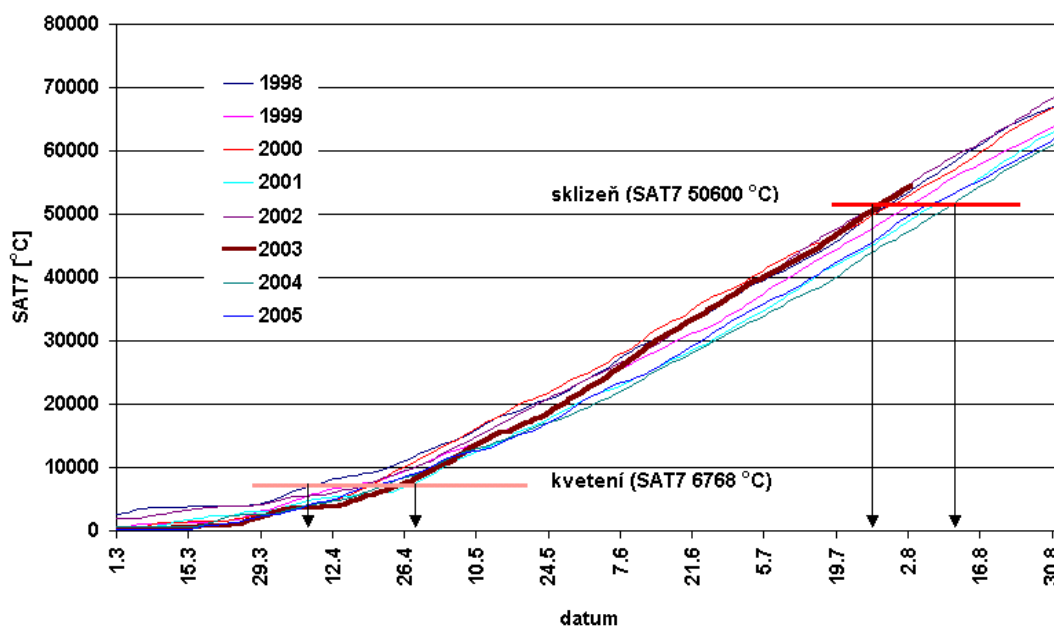
1996, 13. srpna. Variační rozpětí je tak více než třítýdenní. Z těchto údajů je zřejmé, že každé zpřesnění termínu sklizně může být pro pěstitele přínosem.

Datum zahájení sklizně odrůdy Frederika - Catharina



Obr. 6

Vývoj SAT7 v jednotlivých letech



Obr. 7

Vývoj SAT7 v jednotlivých zpracovaných letech podává obr. 7, na němž jsou rovněž vyznačeny i průměrné sumy stanovené pro fenofázi kvetení a počátek sklizně. Je tak možno posoudit, v jakém časovém rozpětí jsou tyto sumy dosaženy v průběhu jednotlivých let. Zajímavý je rovněž i průběh této sumy v roce 2003, neboť nejprve došlo k oddálení termínu kvetení na jaře, toto zpoždění však bylo v letních měsících vyrovnáno a sklizeň začínala naopak v nejranějším termínu.

Výsledky a diskuse

Kvetení

Velikost SAT7 v období kvetení je znázorněna na obr. 8. Přestože v jednotlivých letech dosažené sumy nejsou zcela totožné, lze pozorovat jejich poměrně malý rozptyl. Aby bylo možno si udělat představu o závažnosti těchto rozdílů, jsou v grafu vyneseny rovněž i průměrné denní změny SAT7 stanovené jako průměr z 5-ti předcházejících a následujících dnů od termínu kvetení. Velikost této změny je poměrně konstantní a průměru dosahuje hodnoty 305 °C. Na grafu je rovněž vynesena i průměrná hodnota SAT7 od 1.1. do počátku kvetení, která je 6768

°C, jakož i pás průměrných jednodenních odchylek. Je možno konstatovat, že většina napozorovaných termínů kvetení se nachází právě v tomto pásu anebo v jeho těsné blízkosti, což v praxi znamená, že počátek kvetení lze s velkou přesností stanovit právě na základě SAT7, je nutno vzít též úvahu i vlastní nepřesnost při určení počátku kvetení, která může rovněž dosáhnout jednoho až dvou dnů v závislosti na četnosti pozorování.

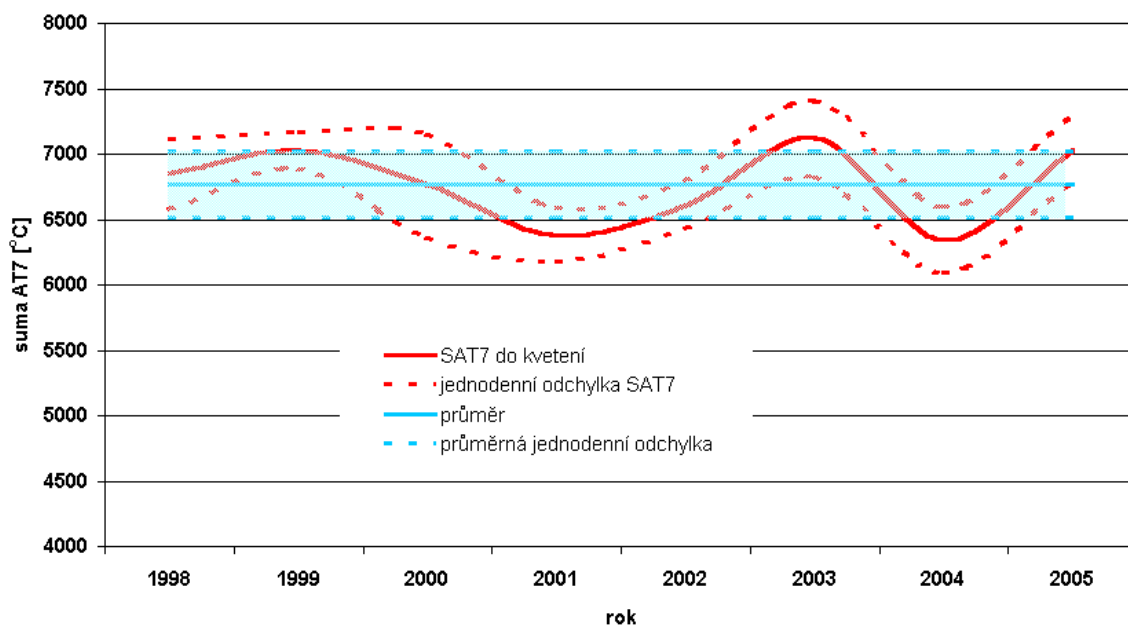
Tyto dosažené výsledky dokazují, že existuje skutečně poměrně těsná závislost mezi SAT7 a nástupem jednotlivých fenofází u broskvoní a proto metodika, používaná pro stanovení termínu ošetření proti kadeřavosti broskvoní, má své fyziologické opodstatnění a lze s jistotou přesností stanovit i počátek rašení pupenů, který bývá považován za optimální termín pro chemické ošetření vhodným fungicidem. Pokud jde o fenologickou fázi, je zapotřebí tento zásah provést ještě před fází B podle Baggioliniho, nejlépe ve fázi 01 podle stupnice BBCH. Tyto fáze, zejména pak 01 BBCH, jsou v terénu bohužel poměrně těžko rozeznatelné a proto nemáme dostatek spolehlivého pozorovacího materiálu abychom mohli provést přesnější výpočty. Lze se sice informativně opřít o pozorování VŠUO (Svoboda, A. (1998), (1999)), ta jsou

však prováděna ve stupnici Baggioliniho a fáze B již odpovídá období po provedeném ošetření. Je nutno proto vycházet z pozorování I. Pokorného z Pomony Těšetice, který stanovil závislost mezi SAT7 a jednotlivými prvními fenologickými fázemi tak, jak je naznačeno na obr. 9. Na něm jsou rovněž vyznačeny i průběhy SAT 7 v posledních letech v lokalitě Mor. Žižkov a lze si tak učinit představu o poměrně značné

variabilitě teplotních a tudíž i fenologických poměrů v časně jarním období.

Na základě těchto znalostí lze již poměrně snadno signalizovat s určitou dobou předstihu optimální termín ošetření proti kadeřavosti broskvoní a tato metoda našla mezi jejich pěstiteli poměrně značného rozšíření a shledávají ji užitečnou.

Velikost sumy hodinových AT7 od 1.1. do počátku kvetení



Obr. 8

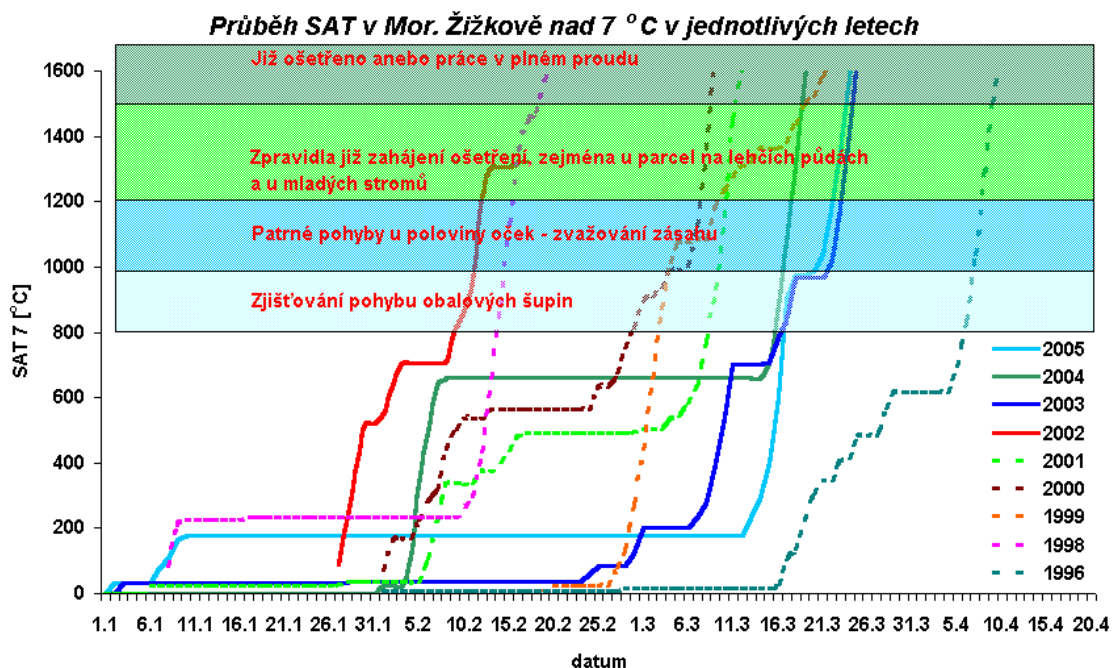
Počátek sklizně

Jak bylo již výše uvedeno, termín sklizně broskví se může pohybovat v extrémních případech až v rozpětí jednoho měsíce, častější je však rozpětí 2 – 3 týdnů. Z hlediska pěstitele je proto nutno zapotřebí mít v dostatečném předstihu informaci o tom, kdy bude tato sklizeň probíhat, především pak kvůli organizaci sklizně a zajištění odbytu ovoce. Je to dáno tím, že na rozdíl od některých jiných ovocných druhů, broskve nelze dlouhodobě skladovat a je zapotřebí je sklízet poměrně v úzkém časovém rozpětí, kdy dosahují optimální tržní zralosti. Pro osvědčené vlády může být tato znalost vodítkem k tomu, aby s předstihem zavedla vhodná

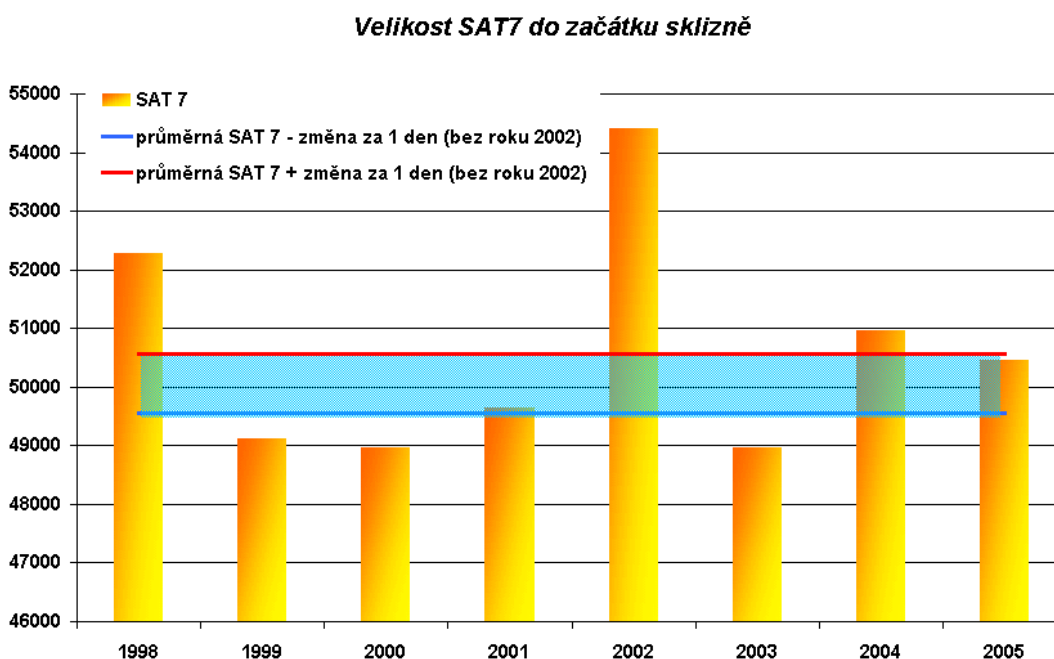
opatření k ochraně domácího trhu před dovozem ze zahraničí a chránila tak vlastní pěstitele. I v případě termínu sklizně se ukazuje, že je do značné míry závislá na sumě hodinových teplot (SAT7), což dokazuje i obr. 10, na němž jsou znázorněny tyto sumy dosažené při začátku sklizně v jednotlivých letech. Ve většině let dosahují tyto sumy poměrně konstantní hodnoty, jedinou větší výjimkou je rok 2002, kdy sklizeň začala při vyšší hodnotě SAT7. Při podrobnějším rozboru této skutečnosti bylo zjištěno, že v tomto roce došlo k výraznému poškození jarními mrazíky a snížení výnosu na cca 20 % běžné sklizně. Jednalo se tudíž o výrazně atypický rok a byl proto z dalšího zpracování vyloučen. Pro zbývající roky je průměrná

suma AT7 do sklizně 50600 °C., na obr. 10 jsou vyneseny jednodenní změny této sumy (podobně jako u kvetení) jako odchylky od této průměrné hodnoty. Je zřejmé, že ve většině případů sklizeň nastává při dosažení této průměrné SAT7 s odchylkou jednoho až dvou dnů, při-

čemž opět na její velikosti kromě dalších vlivů meteorologického původu se mohou podepisovat i ostatní vlivy, ovlivňující sklizeň (dny pracovního volna, aktuální povětrnostní podmínky, nedostatek zákazníků apod.).



Obr. 9



Obr. 10

Tento poznatek o vztahu mezi termínem sklizně a sumou aktivních teplot je možno použít při krátkodobé prognóze, pro dlouhodobější plánování v horizontu týdnů až měsíců se (DeJong, T.M. (2005)) pokusil stanovit závislost mezi počtem dnů od kvetení do sklizně a GDH za období jednoho měsíce po kvetení. Pokusili jsme se ověřit platnost této hypotézy v našich podmínkách s tím rozdílem, že místo GDH jsme použili opět SAT7. Jak je z obr. 11 zřejmé, určitá závislost se zde skutečně projevuje, výraznější odchylky vznikly v letech 2002 (snížení výnosu) a 2003. Odchylka v roce 2003 byla způsobena tím, že v tomto roce byl počátek opožděný nástup vegetačního období, který byl posléze kompenzován extrémně vysokými teplotami, jež vedly k urychlení dozrávání. V sumě teplot za období jeden měsíc po kvetení však informace o tom, že bude následovat jeden z nejteplejších roků, ještě nebyla zahrnuta. Vyloučíme-li oba tyto případy, dostaneme poměrně těsnou závislost, z níž lze stanovit, že změna termínu sklizně se posouvá o jeden den při změně SAT7 v období měsíc po kvetení o 370 °C. Odhad termínu sklizně pro rok 2000, který rovněž patřil mezi extrémně teplé, ale nadnormální teploty se začaly vyskytovat již od dubna, vyšel téměř přesně. Jak zjistil DeJong, sklon přímek takto stanovených regresních závislostí je až na některé výjimky (u broskvoní např. Maycrest, u nektarinek Mayglo) pro většinu odrůd broskvoní a nektarinek téměř stejný.

Jelikož je nutno počítat s tím, že extrémní průběhy počasí se mohou v budoucnu vyskytovat stále častěji, rozšířili jsme původní metodu o sumu teplot za dva měsíce po kvetení, v níž by byl zahrnut již i případný vliv poněkud nestandardního průběhu počasí. Obr. 12 naznačuje, že v tomto období je ukryt již dostatek informací o tom, kdy lze očekávat s určitou mírou přesnosti sklizeň v konkrétním roce. Poměrně přesně

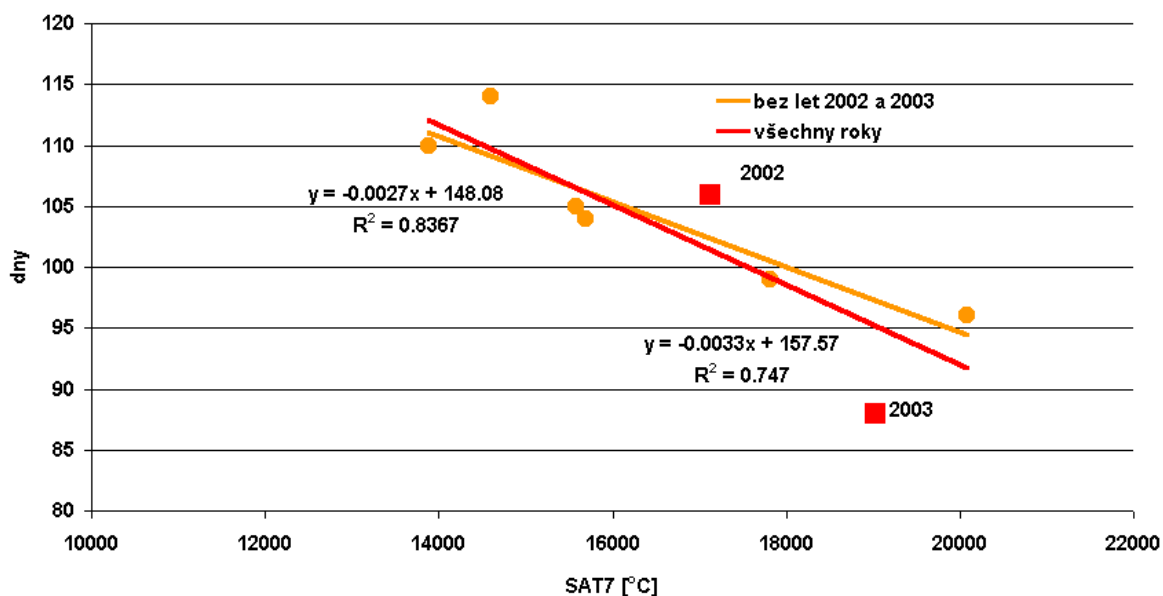
vyšel počátek sklizně v roce 2003, a to jak v případě, že tento rok byl zahrnut do zpracování, tak i v případě že byl společně s rokem 2002 vypuštěn. I při použití tohoto rozšířeného způsobu stanovení termínu sklizně je možno dosáhnout délky předpovědního období 30 – 40 dnů, což je v praxi většinou postačující. Změna v SAT7 způsobující posunutí termínu sklizně o jeden den je v tomto případě 385 °C.

Znalostí těchto sum a určité míry shody pro většinu odrůd lze využít i v případech, kdy pěstitel nemá k dispozici dostatečně dlouhou řadu meteorologických pozorování a termínu sklizně, určitou představu o tom, kdy nastane sklizeň si může udělat již ve druhém roce pozorování a měření. Stačí, když vyhodnotí rozdíl v sumách teplot za období jeden měsíc po kvetení (popřípadě dva měsíce) v daném roce oproti roku předcházejícímu, ten vydělí 370 nebo 385 a zjistí, o kolik se přibližně posune termín sklizně oproti tomu, kdy sklízel loni. Samozřejmě je vždy lepší, když jsou zpracovány víceleté výsledky fenologických pozorování a meteorologických měření.

Závěr

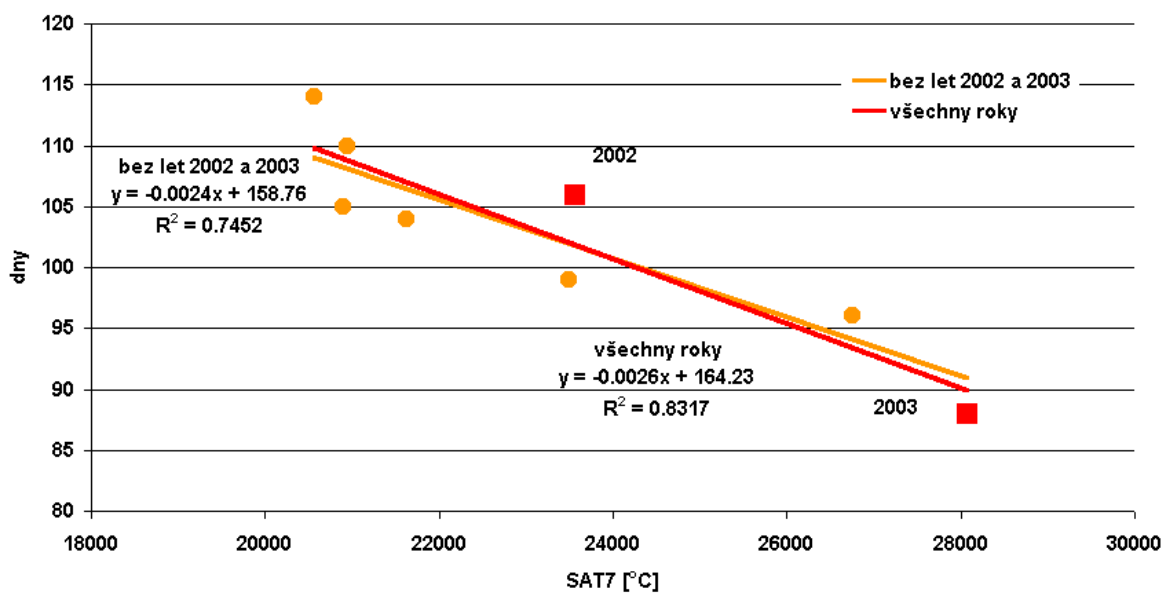
Pokusili jsme se v této práci poukázat na poměrně těsnou a v praxi využitelnou závislost mezi sumou hodinových aktivních teplot nad 7 °C. S její pomocí lze úspěšně stanovovat termíny ošetření proti kadeřavostem broskvoně, kvetení, stejně tak jako i termíny sklizně. Ke stanovení počátku sklizně lze s výhodou použít jednoměsíční nebo dvouměsíční sumy teplot od kvetení, předstih předpovědi se pohybuje 60 – 70 nebo 30 – 40 dnů, přičemž ji lze průběžně zpřesňovat v závislosti na průběhu počasí. Ukazuje se, že malá násada plodů vede k oddálení termínu sklizně oproti předpokladům stanovených pro roky s běžnou úrodou.

Vztah mezi SAT7 měsíc po kvetení a počtem dnů od počátku kvetení do sklizně



Obr. 11

Vztah mezi SAT7 dva měsíce po kvetení a počtem dnů od počátku kvetení do sklizně



Obr. 12

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen s pomocí projektu NAZV QF3207

Literatura:

- Bažant, Z., Litschmann, T., Svoboda, A. (1999): Proměnlivost termínu plného květu a sklizňové zralosti u meruněk odr. Velkopavlovická a broskvoní odr. Redhaven v podmínkách jižní Moravy. Vědecké práce ovocnářské, 16, VŠUO Holovousy s. 63-70,
- Cesaraccio, C. et all. (2004): Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agricultural and forest meteorology* 126, s. 1-13
- DeJong, T.M. (2005): Using physiological concepts to understand early spring temperature effects on fruit growth and anticipatin fruit size problems at harvest. *Summerfruit – Autumn 2005*, s. 10-13
- Galassi A. et all. (2000): A escriptive model for peach fruit growth. *Adv. Hort. Sci.*, 14, s. 19-22
- Chmielewski, F.M. et all. (2004): Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agricultural and forest meteorology* 121, s. 69 - 78
- Pérez-Pastor A. et all. (2004): Growth and phenological stages of Búlida apricot trees in south-east Spain. *Agronomie* 24, s. 93-100
- Litschmann T., Valášek J. (1989): Vliv povětrnostních podmínek na dobu sklizně. *ÚRODA*, s. 229-232
- Litschmann, T. (1999): Nové prostředky k monitorování některých meteorologických veličin při signalizaci chorob a škůdců a výzkumné činnosti. In: *Ovocné stromy v krajině – ochrana, ošetřování a výsadba*, 11.-12.3.1999, MZLU Brno, s. 37-43,
- Litschmann, T., Pokorný, I. (2003): Stanovení termínu ošetření proti kadeřavosti broskvoní. *Zahradnictví*, č. 2, Martin Sedláček Praha, s. 8-9, ISSN 12 12 37 81
- Rötzer, T. et all. (2004): The timing of bud burs and its effect on tree growth. *Int. J. Biometeorol.*, Vol. 48, s. 109-118
- Schwartz, M.D. et all: (1997): A model to predict peach phenology and maturity using meteorological variables. *HortScience*, Vol. 32(2), s. 213-216
- Snyder, R.L. et all (2001): Temperature data for phenological models. *Int. J. Biometeorol* 45, s. 78 – 183
- Svoboda, A.(1998): Fenologická pozorování ve Velkých Bílovicích v roce 1998. Osobní sdělení
- Svoboda, A.(1999): Fenologická pozorování ve Velkých Bílovicích v roce 1999. Osobní sdělení
- Yin, Y. et all.(1995): A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Agricultural and forest meteorology*, Vol. 77, s. 1 - 16