

VLIV KLIMATICKÝCH PODMÍNEK NA PRODUKCI TŘEŠNÍ**INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS ON SWEET CHERRY PRODUCTION****Pavol Suran**

VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o.,
Holovousy 129, 508 01

e-mail: suran@vsuo.cz

ABSTRAKT

Během 12 let se u 8 odrůd třešní na podnoži G 5 bez doplňkové závlahy hodnotil vztah teploty vzduchu a srážek s dobou kvetení, násadou květů a plodů, termínem zrání a plodností. Míra korelace mezi klimatickými podmínkami a parametry porostu byla určena Pearsonovým korelačním koeficientem. Byla zjištěna kladná korelace násady květů k množství srážek od května do konce června a od srpna do konce září předešlého roku ($r = 0,466$; $r = 0,446$). Pro termín kvetení byla nalezena negativní korelace s množstvím srážek od března do konce dubna ($r = -0,828$) daného roku. Násada plodů i plodnost byly kladně ovlivněny teplotami vzduchu v období od května do konce července ($r = 0,403$; $r = 0,431$). Častým jevem, který limitoval plodnost stromů, byly pozdní jarní mrazy v letech 2010, 2011, 2014, 2016, 2017 a 2020. Pro sklizňovou zralost plodů byl stanoven korelační vztah mezi teplotou v době kvetení a vývojem plodů ($r = -0,561$; $r = -0,478$). Pozitivní korelace byla zjištěna ve vztahu s množstvím srážek v době vývoje plodů ($r = 0,397$). Významný rozdíl byl patrný hlavně v termínu kvetení a zrání odrůd, který se meziročně lišil i o 3 týdny. Probíhající klimatické změny mají a zřejmě budou mít dopad na produkci třešní.

Klíčová slova: klimatické změny, korelace, peckoviny, pozdní jarní mrazy, plodnost, srážky, teplota vzduchu

ABSTRACT

Over the 12 years, in 8 varieties of cherries on the G 5 rootstock without supplemental irrigation, the correlation between air temperature and precipitation on flowering date, flower and fruit set, ripening date and yield were assessed. Pearson's correlation coefficient was used to establish a relationship between climatic conditions and tree parameters. A positive correlation was found between the flower set and the sum of precipitation from May to the end of June and from August to the end of September in prior year ($r = 0.466$; $r = 0.446$). A negative correlation was found for the flowering date

with the sum of precipitation from March to the end of April ($r = -0.828$) in given year. Fruit set as well as yield were positively affected by air temperatures in a period from May to the end of July ($r = 0.403$; $r = 0.431$). Late spring frosts in 2010, 2011, 2014, 2016, 2017 and 2020 were a common phenomenon that limited the yield. For fruit ripening date, a correlation was determined on the sum of temperatures at the time of flowering and fruit development ($r = -0.561$; $r = -0.523$). There was a positive correlation in relation to precipitation at the time of fruit development ($r = 0.397$). Important influence was evident in date of flowering and ripening the varieties, which differed up to 3 weeks year-on-year. Ongoing climate change has and is likely to have an impact on cherry production.

Keywords: stone fruit, yield, precipitation, air temperature, late spring frost, correlation, climate change

ÚVOD

Očekává se, že současné změny klimatu ovlivní většinu oblastí zemědělství změnou četností a rozsahem extrémních povětrnostních jevů (Marengo *et al.* 2014). Společné prahové hodnoty používané ve vědecké literatuře pro klasifikaci události jako „extrémní“ představují nárůst (nebo pokles) o 5 až 10 % vzhledem k pozorované frekvenci, přestože tyto úrovně mohou být také považovány za „mírně extrémní“ (Seneviratne *et al.* 2012). Termín „extrémní“ se proto často používá k označení rostoucího rizika nebezpečných povětrnostních jevů v důsledku změny klimatu. Jedním z fenoménů s potenciálně vysokým dopadem na globální změnu klimatu je změna teploty. Teplota je hlavním faktorem ovlivňujícím mnoho růstových procesů rostlin a v mnoha případech vysoké teploty růst urychlují (Badeck *et al.* 2004).

Fenofáze ovocných druhů mírného podnebí jsou velmi výrazně ovlivněny podmínkami prostředí. Zejména správné načasování fenofází během vegetačního klidu a následného kvetení je zásadní pro produktivitu a kvalitu sklizně. Třešňové sady jsou příkladem zemědělských systémů, které jsou vysoce citlivé na extrémní počasí. Tato citlivost projevující se na celkových výnosech a kvalitě plodů může být částečně vysvětlena relativně raným kvetením některých odrůd. Nepříznivé povětrnostní podmínky během vegetačního období mohou způsobit celkové ztráty výnosu, i když dojde pouze k jedné takovéto události (Quero-García *et al.* 2017). Například nadměrné srážky během vývoje plodů, zejména před dozráváním, mohou vést k popraskání plodů, což působí bezprostřední a střednědobé problémy po sklizni. Zatímco bezprostřední dopady souvisejí s vizuálním poškozením plodů, střednědobé důsledky jsou spojeny s vnitřními trhlinami v plodech, které mohou snížit jejich trvanlivost (Knoche a Peschel, 2006). Podobně může i krupobití na jaře nebo v létě způsobit mechanické poškození květů a plodů, což také snižuje výnosy a kvalitu ovoce. V rámci globálních změn podmínek prostředí přibývají další rizika, jako jsou teplé zimy a mrazy na začátku jara (Wende a Mariadassou 2017).

Fenologické parametry rostlin kolísají rok od roku a jsou silně ovlivněny změnami prostředí. S počátkem pozorování dopadů změn teplot a globálního klimatu byla nalezena jak pozitivní, tak negativní korelace s různými parametry porostů. Negativní korelace byla shledána mezi třešňovými fenofázemi a průměrnou teplotou od února do května. To dokazuje, že třešňové fenofáze se v reakci na rostoucí teploty posunuly na časnější termín (Türkoğlu *et al.* 2016). Zároveň bylo pozorováno, že dopad změny klimatu na fenologii byl velmi komplexní a v některých oblastech byly naopak fenologické fáze opožděny namísto očekávaného urychlení (Atkinson *et al.* 2013, Elloumi *et al.* 2013). V historických záznamech byl zaznamenán trend postupného posunu kvetení stromů mírného pásma (Blanke a Kunz 2009b). Tento jev může být způsoben sníženou akumulací chladových hodin v zimě (jak se původně předpokládalo u třešní v kontinentálním podnebí Německa (Luedeling *et al.* 2013)), omezením chladných dnů v zimě (Kaufmann a Blanke 2018) a delším následným oteplováním (Kaufmann a Blanke 2019). Kvetení třešní je citlivé na zimní a jarní teploty a je ideálním ukazatelem změn klimatu s důkazným dopadem na fenologii stromů (Chung *et al.* 2011). Proto jsou dlouhodobé záznamy fenologických dat velmi cenné, lze je dále použít k odhadu vlivu klimatických změn na celkový vývoj rostlin a načasování životních cyklů (Blanke a Kunz 2009a).

Světové pěstební regiony třešní byly postiženy změnou klimatu různou intenzitou s ohledem na jejich lokaci. Středomořská oblast patří k regionům, které jsou nejvíce ovlivněny nedávnými změnami klimatu – kombinacemi rostoucích teplot a klesajících srážek (MedECC 2020). Na druhou stranu Německo s mírnějšími zimami a vyrovnanými úhrny srážek (Blanke a Kunz 2009b) bylo změnami klimatu zasaženo méně. Mezi pět hlavních negativních vlivů nedávné změny podnebí na ovocné stromy (zejména ve středomořské oblasti) patří v důsledku teplejších zim především nedostatek chladových hodin, které některé ovocné druhy potřebují k zahájení kvetení, posun termínu kvetení a dále vysoké teploty, sucho a silné bouře během vývoje plodů v létě.

Pro snížení vlivů extrémních výkyvů počasí na celkový růst a úrodu stromů lze využít různé technologie, které mohou nabídnout řadu výhod. Takovými prostředky jsou například polyetylenové kryty pro sady. Kryty jsou užitečným nástrojem, napomáhají snižovat dopad extrémních povětrnostních jevů (Quero-García *et al.* 2017). Tato technologie může mít v třešňových sadech mnoho podob a náklady na pořízení krytů se mohou výrazně lišit s ohledem na výrobní materiál a celkový design. Kromě ochrany před deštěm, krupobitím a extrémně nízkými teplotami může toto adaptivní opatření nabídnout další výhody, například rychlou návratnost investic (tj. rychlejší růst stromů), zvýšené a vyrovnanější obchodovatelné výnosy, modifikovanou dobu zrání a podporu růstu mladých stromů (Børve *et al.* 2003, Thomidis a Exadaktylou 2013). S výběrem krytů jsou však spojeny také velké výzvy a nejistoty, včetně vysokých investičních nákladů a zapojení pracovní síly při instalaci a výměně krycích materiálů (Quero-García *et al.* 2017). Aplikace takových opatření mají tedy i různá omezení a rizika, která jsou pro většinu zemědělců těžko předem odhadnutelná. Ve výhodě jsou potom ti zemědělci, kteří jsou schopni udržet produktivitu a kvalitu plodin celkovým

přizpůsobením pěstebních systémů svých farem proti různým nepříznivým vlivům počasí (Rosenzweig a Parry 1994). Inovace a vývoj nových adaptačních opatření ke zmírnění dopadů změny klimatu v zemědělství se proto stává prioritou řady subjektů zabývajících se zemědělstvím.

V této studii byla povětrnostní a fenologická data odrůd třešní ve východních Čechách zkoumána s cílem identifikovat dopad průběhu počasí na fenologické a výnosové parametry třešní.

MATERIÁL A METODY

Průběh počasí

Meteorologická data (minimální, maximální, průměrné denní teploty) byla získána z meteorologické stanice umístěné v hodnocené lokalitě za období od 1. 3. do 15. 10. v letech 2009 až 2020, kdy průběžně probíhalo hodnocení výsadby třešní. Dlouhodobý průměr teploty vzduchu pro danou lokalitu je 8,1 °C a roční průměrný úhrn srážek je 655 mm.

Během 12 let trvání pokusu se suma teplot vzduchu a srážek v období vegetace (od dubna do poloviny října) lišila rok od roku. Nejvyšší suma teplot byla v roce 2018, a to 3671 °C a nejnižší v roce 2013, konkrétně 2984,7 °C (Tabulka 2). Současně bylo vyzorováno střídání ročníků s vysokým a nízkým úhrnem srážek. V nejteplejší vegetační sezóně 2018 byl nejnižší úhrn srážek za období 12 let, a to 202,1 mm. Ročníky 2015 a 2016 se také vyznačovaly nízkými úhrny srážek v rozpětí 283,5 až 302,9 mm. Opačný jev byl zaznamenán v ročnících 2010, 2013, 2017 a 2020, kdy byl úhrn srážek 588 mm, 525,8 mm, 543,5 mm a 719,3 mm (Tabulka 2).

Hodnocena byla výsadba třešní, která byla založena v roce 2006 na podnoži G 5 ve sponu 5 × 1,5 m. Hodnotily se odrůdy 'Amid', 'Burlat', 'Elza', 'Fabiola', 'Felicitá', 'Jacinta', 'Kordia', 'Tamara'. Od každé odrůdy byly ve výsadbě umístěny tři stromy ve třech opakováních. Stromy byly pěstovány bez doplňkové závlahy. V lokalitě Holovousy (okres Jičín) je zaznamenána pro období 2009–2020 průměrná roční teplota 9,8 °C a průměrný roční úhrn srážek 615,8 mm. Klimatické údaje jsou uvedeny v tabulkách č. 1 a 2.

U hodnocených odrůd se opakovaně zaznamenával začátek kvetení, násada květů, násada plodů, termín zrání a plodnost. Termínem kvetení bylo určeno datum, kdy alespoň 10 % květů bylo plně rozkvetlých. Pro stanovení velikosti násady květů a plodů byla použita devítibodová stupnice, kdy 1 představuje žádné květy/plody a 9 nejvyšší množství květů/plodů na stromě. Při fenofázi plného kvetení (90 % květů rozkvetlých) se hodnotila květní násada. Násada plodů byla hodnocena ve sklizňové zralosti plodů. Sklizňová zralost byla vyhodnocena podle kvalitativních znaků plodů. Množství sklizených plodů bylo zaznamenáno u jednotlivých stromů v kilogramech. Z každého stromů byla poznamenána data a vypočten průměr pro jednotlivé hodnocené charakteristiky v jednotlivých letech. Byla stanovena těsnost závislosti začátku kvetení, násady květů, násady plodů, termínu zrání a plodnosti na teplotě vzduchu a srážkách

pomocí Pearsonova korelačního koeficientu v programu Excel. Parametry jako doba kvetení, násada plodů a plodnost se vztahovaly k meteorologickým datům daného roku. V případě květní násady byl sledován vztah s daty z předešlého roku. Zvolený postup byl použit z důvodu procesů realizace, inicializace a diferenciacie pupenů, které ovlivňují velikost násady květů již v předešlém roce. Sumy teplot vzduchu a srážek během vegetace byly rozděleny do 3 variant podle období, ve kterých by z fyziologického hlediska měly být třešně ovlivněny meteorologickými podmínkami.

Varianty pro stanovení korelace se sumou teplot vzduchu:

varianta 1: březen–duben,
varianta 2: květen–červenec,
varianta 3: duben–červenec,

Varianty pro stanovení korelace se sumou srážek:

varianta 1: březen–duben,
varianta 2: květen–červenec,
varianta 3: srpen–září

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pozdní jarní mrazy a násada květů

Na produkci třešní měly vliv nejen teploty a srážky, ale i pozdní jarní mrazy, které se vyskytly v letech 2010 (−2,8 °C v době kvetení), 2011 (−1,0 °C před kvetením, 0 °C v době kvetení), 2012 (−6,0 °C před kvetením, −1,2 °C v době kvetení), 2014 (−2,0 °C týden po kvetení), 2015 (−1,5 °C v době kvetení), 2016 (−1,2 °C v době kvetení, −3,3 °C po kvetení), 2017 (−3,3 °C týden po kvetení) a 2020 (−6,6 °C 2 týdny před kvetením, −2,5 °C v době kvetení). Jarní mrazy měly dopad na násadu květů, násadu plodů a na celkovou plodnost. Plodnost byla viditelně redukována výskytem mrazů v letech 2010, 2011, 2014, 2016, 2017 a 2020. V roce 2020 došlo ke zmrznutí květních pupenů 2 týdny před začátkem kvetení. Jarní mrazy z let 2012 a 2016 se nepromítly do redukce plodnosti. Násada květů byla nejnižší v letech 2019 a 2020. Její hodnota byla 5,3, což je méně než dlouholetý průměr 6,9. I když se v roce 2019 pozdní jarní mrazy nevyskytly, násada květů byla výrazně nižší než dlouhodobý průměr. Důvodem mohou být horší povětrnostní podmínky v době zakládání a diferenciacie pupenů pro příští vegetační sezónu (Fioravanco a Czermainski 2018), čímž je přímo ovlivněno množství květních pupenů (Schuchman *et al.* 1988). Byla nalezena slabá pozitivní závislost násady květů na sumě teplot vzduchu předešlého roku od dubna do konce července ($r = 0,158$). Ovšem v období od května do konce července byla stanovena výraznější negativní závislost květní násady na sumě teplot ($r = -0,528$). Z dat vyplývá, že vysoké teploty snižují množství květních pupenů, zatímco nižší teploty v době iniciace a diferenciacie pupenů podporují vznik květních pupenů. K iniciaci pupenů dochází krátce po nárůstu prvních listů a na přelomu června a července se pupeny diferencují na generativní a vegetativní. Silnější pozitivní závislost byla

nalezena ve vztahu ke srážkám předešlé sezóny od května do konce července (varianta 2; $r = 0,466$) a taktéž od srpna do konce září (varianta 3; $r = 0,446$), což odpovídá fázi diferenciacce pupenů. Zjednodušeně lze říci, že vyšší suma srážek za uvedené období podpoří množství květních pupenů pro příští vegetaci.

Kvetení

Jde o fenologickou fázi, která byla výrazně ovlivněna průběhem počasí. Průměrný termín kvetení se u třešni pohyboval od 5. 4. v roce 2014 až po 27. 4. v roce 2013 (Tabulka 4). Během hodnocení výsadby třešni byl zaznamenán až 3 týdenní rozdíl v termínu kvetení stromů mezi roky 2013 a 2014. Suma srážek korelovala negativně s termínem kvetením, a to od března do konce dubna (Tabulka 5). Ve shodě s tvrzením od Usenika a Štampara (2011), kteří uvádějí dřívější kvetení v důsledku vyšších teplot 2–3 měsíce před fenofází kvetení po překonání dormance, i v našem případě byl pozorován dřívější nástup kvetení v důsledku vyšší sumy teplot vzduchu.

Násada plodů

Je známo, že násada plodů je úzce spojena s násadou květů a je ovlivněna klimatickými podmínkami v době kvetení při opylování. V letech 2011 a 2017 byla násada plodů výrazně nižší než v jiných letech, což bylo ovlivněno průběhem počasí při opylování a nikoliv násadou květů. V době kolem kvetení stromů se vyskytly pozdní jarní mrazy, které v kombinaci s deštivým počasím v roce 2017 negativně ovlivnily kvalitu opylení květů. Nedostatečné opylení se pak promítlo do nižší násady plodů a plodnosti. Pro násadu plodů byla stanovena kladná korelační závislost se sumou teplot v daném roce v období od května do konce července (varianta 2; $r = 0,403$). Vyšší suma teplot za uvedené období tedy podpořila nárůst násady plodů. Korelace se sumou srážek byla negativní za období od května do konce července ($r = -0,581$). Vysoká suma srážek měla proto negativní vliv na velikost násady plodů (Tabulka 6).

Plodnost

Plodnost byla stejně jako násada plodů výrazně ovlivněna pozdními jarními mrazy. Pozorovaná nejnižší plodnost byla v roce 2011 a to pouhých 1,3 kg/strom, z důvodu poškození květů pozdním jarním mrazem (Tabulka 7). I když byla vyhodnocena velice nízká plodnost i v roce 2009, v tomto případě se spíše jednalo o vliv stáří stromů, než o vliv klimatických podmínek. Byla nalezena kladná závislost plodnosti na teplotě v období květen až konec července (varianta 2; $r = 0,431$). Tento termín odpovídá jak propadu plůdků, tak i fázi množení buněk v plodech do zatvrdnutí pecky. Jak propad, tak i množení buněk, má přímý dopad na plodnost. Plodnost rostla úměrně s výškou teplot během tohoto období. Opačný trend byl ve vztahu plodnosti ke srážkám, kdy byla určena negativní korelace pro období od května do konce července ($r = -0,605$).

(Tabulka 8), což znamená, že čím byla suma srážek vyšší, tím byla plodnost stromů nižší. Z dat je patrné, že nízký úhrn srážek za vegetaci nesnížil plodnost ve srovnání s lety, kdy bylo srážek více (Tabulka 2 a 7). Stejná závislost na klimatických podmínkách byla určena i pro násadu plodů.

Sklizňová zralost plodů

Stromy třešní zrály během hodnocených let velice variabilně. Sledované odrůdy nejraněji zrály v roce 2018, a to průměrně 5. června a nejpozději v letech 2010 a 2013 (shodné průměrné datum bylo 8. července; Tabulka 9). Kladná korelace byla určena ve vztahu k sumě srážek během zrání plodů od května do konce července (varianta 2; $r = 0,397$). Vyšší suma srážek během vývoje plodů tedy oddálila termín zrání plodů. Naopak vyšší suma teplot během vývoje plodů urychlila zrání plodů, což je doloženo negativní korelací termínu zrání v době kvetení od března do konce dubna ($r = -0,561$) a v době růstu a zrání plodů od května do konce července ($r = -0,478$). I další studie uvádí, že vyšší teplota během vývoje plodů způsobila dřívější zrání třešní (Usenik a Štampar 2011).

ZÁVĚR

Ve sledovaném období 12 let byl patrný vliv průběhu počasí na produkci třešní. Pozdní jarní mrazy významně ovlivnily plodnost v letech 2010, 2011, 2014, 2016, 2017 a 2020. Data prokázala, že plodnost byla závislá na sumě teplot a srážek. Zatímco vyšší teploty během vývoje plodů zvýšily plodnost stromů, vyšší srážky ji naopak snížily. Byly také stanoveny korelační závislosti kvalitativních znaků a fenofází na sumě teplot vzduchu a srážek v konkrétních termínech, které určují jejich důležitost v produkci třešní. Jako klíčový faktor byly určeny srážky a teploty během iniciace a diferenciacie pupenů. Během tohoto období vyšší teploty květní násadu snižují, zatímco vyšší srážky podpoří její nárůst. S růstem sumy teplot před kvetením bylo spojeno dřívější kvetení stromů. Podobně i termín zrání byl ranější, když během vývoje plodů byla suma teplot vyšší. Násada plodů a plodnost byla podpořena vyšší sumou teplot v průběhu vývoje plodů, zatímco narůstající srážky limitovaly jak násadu plodů, tak i plodnost.

Během řešení se potvrdil vysoký vliv povětrnostních podmínek na fenofáze třešní a jejich produkci. Znatelný byl také nárůst četnosti a dopad extrémů počasí, jako jsou pozdní jarní mrazy a silné deště v době kvetení stromů na snížení produkce. Během hodnocení výsadby se mrazy v době kvetení vyskytly v 8 letech z celkových 12.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za finanční podpory projektu NAZV MZe ČR č. QK 1910165. Využito bylo rovněž infrastruktury projektu RO1521.

LITERATURA

- ATKINSON, C.J., R.M. BRENNAN a H.G. JONES. Declining chilling and its impact on temperate perennial crops. *Environmental and Experimental Botany*. 2013, (91): 48. ISSN: 0098-8472 DOI:10.1016/j.envexpbot.2013.02.004.
- BADECK, F., A. BONDEAU, K. BÖTTCHER, D. DOKTOR, W. LUCHT, J. SCHABER a S. SITCH. Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist*. 2004 (162): 295. DOI:10.1111/j.1469-8137.2004.01059.x.
- BLANKE, M.M. a A. KUNZ. *Misconceptions about the effects of climate change on horticulture*. Proc Benelux Horticult Soc Annu Meeting, Gembloux, Belgium, 2009a, s. 12.
- BLANKE, M.M. a A. KUNZ. Effects of climate change on pome fruit phenology at Klein-Altendorf. *Erwerbs-Obstbau*. 2009b, (51): 101–114. DOI:10.1007/s10341-009-0086-3.
- BØRVE, J., E. SKAAR, L. SEKSE, M. MELAND, a E. VANGDAL. Rain Protective Covering of Sweet Cherry Trees—Effects of Different Covering Methods on Fruit Quality and Microclimate. *HortTechnology*. 2003, 13(1): 143-148. DOI: 10.21273/HORTTECH.13.1.0143.
- ELLOUMI, O., M. GHRAB, H. KESSENTINI a M. BEN MIMOUN. Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. Mateur in dry and warm area climate. *Scientia Horticulturae*. 2013, (159): 80. DOI: 10.1016/j.scienta.2013.05.004.
- FIORAVANCO, J. a A.B.C. CZERMAINSKI. Biennial bearing in apple cultivars. *Rev. Ceres, Viçosa*. 2018, 65(2): 144 – 149. DOI: 10.1590/0034-737X201865020005.
- CHUNG, U., L. MACK, J.I. YUN, S.H. KIM. Predicting the Timing of Cherry Blossoms in Washington, DC and Mid-Atlantic States in Response to Climate Change. *PLoS ONE*. 2011, 6(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027439>.
- KAUFMANN, H. a M.M. BLANKE. Substitution of winter chilling by spring forcing for flowering of sweet cherry?. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 2018, (244): 75–81. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.09.021.
- KAUFMANN, H. a M.M. BLANKE. Chilling requirements of Mediterranean fruit crops in a changing climate. *Acta Hortic*. 2019, (1242): 275–280. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1242.38.
- KNOCHE, M. a S. PESCHEL. Water on the surface aggravates microscopic cracking of the sweet cherry fruit cuticle. *J. Am. Soc. Hortic. Sci*. 2006, (131): 192. DOI: 10.21273/JASHS.131.2.192.
- LUEDELING, E., A. KUNZ a M.M. BLANKE. Identification of chilling and heat requirements of cherry trees—a statistical approach. *Int J Biometeorol*. 2013, (57): 679–689. DOI: 10.1007/s00484-012-0594-y.
- MARENGO, J.A., S.C. CHOU, R.R. TORRES, A. GIAROLLA, L.M. ALVES a A. LYRA. Climate change in Central and South America: Recent trends, future projections, and impacts on regional agriculture. CCAFS Working Paper no. 73. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). 2014.

- MEDECC. Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)] *Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France*. 2020, 632pp. ISBN: 978-2-9577416-0-1 DOI: 10.5281/zenodo.4768833.
- QUERO-GARCÍA, J., A. IEZZONI, J. PULAWSKA a G.A. LANG. *Cherries: botany, production and uses*. CABI: 2017. ISBN 9781780648378. DOI:10.1079/9781780648378.0000.
- ROSENZWEIG, C. a M.L. PARRY. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*. 1994, č. 367, s. 133–138. DOI:10.1038/367133a0.
- SENEVIRATNE, S., N. NICHOLLS, D. EASTERLING, C. GOODESS, S. KANAE, J. KOSSIN, Y. LUO, J. MARENGO, K. MCINNES, M. RAHIMI, M. REICHSTEIN, A. SORTEBERG, C. VERA a X. ZHANG. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. 2012.
- SCHUCHMAN, O., A. HURŇÁK, J. MLADÁ, V. HRONSKÝ a V. URBAN. *Ovocnictví: učební text pro učební obor pěstitel a zahradník*. 2. dopln. vydání Praha: SZN, 1988.
- THOMIDIS, T. a E. EXADAKTYLOU. Effect of a plastic rain shield on fruit cracking and cherry diseases in Greek orchards. *Crop Prot.* 2013, (52): 125. DOI:10.1016/j.cropro.2013.05.022.
- TÜRKOĞLU, N., S. ŞENSOY a O. AYDIN. Effects of climate changes on phenological periods of apple, cherry and wheat in Turkey. *International Journal of Human Sciences*. 2016, 13(1): 1036. DOI:10.14687/ijhs.v13i1.3464.
- WENDEN, B. a M. MARIADASSOU. Sweet cherry phenology in the context of climate change: a systems biology approach. *Acta Hort.* 2017, (1162): 31. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1162.6.
- USENIK, V. a F. ŠTAMPAR. The effect of environmental temperature on sweet cherry phenology. *Europ. J. Hort. Sci.* 2011, 76(1): 1–5, ISSN 1611-4426. https://www.pubhort.org/ejhs/2011/file_2257660.pdf.

TABULKY

Tabulka 1. Průměrné měsíční hodnoty teploty vzduchu, úhrnů srážek za období 2009–2020

Table 1. Average temperatures and precipitations per month in 2009–2020

Měsíc ¹⁾	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Průměr ⁴⁾
Teplota ²⁾ (°C)	-0,4	0,7	4,8	10,7	14,8	17,9	19,8	19,6	14,8	9,4	5,2	0,9	9,8
Srážky ³⁾ (mm)	51,6	28,1	35,7	29,7	70,9	75,5	77,1	66,2	45,5	47,3	45	43,4	615,8

1) Month, 2) Temperature, 3) Precipitations, 4) Average

Tabulka 2. Sumy teploty vzduchu, úhrny srážek za jednotlivé sezony (1. 3. až 15. 10. v letech 2009–2020)

Table 2. Sums of air temperature, total precipitations for individual seasons (from April 1st to October 15th in 2009–2020)

Měsíc ¹⁾	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Teplota ²⁾ (°C)	3362,7	3078,4	3303,0	3283,3	2984,7	3395,6	3355,5	3305,2	3228,2	3671,0	3371,8	3163,1
Srážky ³⁾ (mm)	407,8	588,0	514,2	458,9	525,8	443,6	283,5	302,9	543,5	202,1	465,1	719,3

1) Month, 2) Temperature, 3) Precipitations

Tabulka 3. Závislost násady květů na sumě teplot a srážek v průběhu vegetace*Table 3. Dependence of flower set on the sum of temperatures and precipitation during vegetation*

Pearsonův korelační koeficient (r) ¹⁾							
Parametr ²⁾	Počet hodnocení ³⁾	Teplota ⁴⁾	Teplota ⁴⁾	Teplota ⁴⁾	Srážky ⁵⁾	Srážky ⁵⁾	Srážky ⁵⁾
Perioda ⁶⁾	n	III-IV	V-VII	IV-VII	III-IV	V-VII	VIII-IX
Amid	9	-0,206	-0,599	-0,045	0,019	0,782	0,628
Burlat	9	0,152	0,506	0,242	0,314	-0,552	0,210
Elza	9	-0,138	-0,672	0,261	0,095	0,541	0,460
Fabiola	9	-0,030	-0,822	0,254	-0,147	0,750	0,345
Felicita	9	0,123	-0,570	0,182	0,128	0,248	0,572
Jacinta	9	-0,012	-0,644	0,261	-0,240	0,525	0,584
Kordia	9	0,018	-0,839	-0,018	0,052	0,818	0,461
Tamara	9	0,090	-0,584	0,125	-0,021	0,613	0,309
Průměr ⁷⁾		0,000	-0,528	0,158	0,025	0,466	0,446

1) Pearson's correlation coefficient, 2) Parameter, 3) Number of evaluations, 4) Temperature, 5) Precipitations, 6) Period, 7) Average

Tabulka 4. Přehled začátku kvetení s průměrnými hodnotami u každé odrůdy a v jednotlivých letech**Table 4.** Summary of start of flowering and average date of each variety and in each year

Začátek kvetení ¹⁾ (datum)													
Rok ²⁾	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Průměr ³⁾
Amid	13.IV	25.IV	19.IV	24.IV	27.IV	6.IV	22.IV	21.IV	15.IV	17.IV	15.IV	16.IV	18.IV
Burlat	12.IV	24.IV	17.IV	21.IV	27.IV	7.IV	20.IV	18.IV	13.IV	17.IV	13.IV	15.IV	17.IV
Elza	-	25.IV	18.IV	18.IV	28.IV	5.IV	22.IV	20.IV	13.IV	17.IV	14.IV	17.IV	18.IV
Fabiola	14.IV	25.IV	17.IV	23.IV	27.IV	5.IV	22.IV	20.IV	14.IV	17.IV	15.IV	16.IV	18.IV
Felicita	-	23.IV	14.IV	14.IV	26.IV	3.IV	19.IV	17.IV	12.IV	16.IV	12.IV	12.IV	15.IV
Jacinta	12.IV	24.IV	18.IV	24.IV	27.IV	6.IV	22.IV	21.IV	13.IV	18.IV	16.IV	17.IV	18.IV
Kordia	13.IV	26.IV	19.IV	24.IV	28.IV	7.IV	23.IV	22.IV	16.IV	18.IV	17.IV	17.IV	19.IV
Tamara	12.IV	24.IV	17.IV	23.IV	28.IV	5.IV	20.IV	19.IV	13.IV	16.IV	14.IV	12.IV	17.IV
Průměr ³⁾	12.IV	24.IV	17.IV	21.IV	27.IV	5.IV	21.IV	19.IV	13.IV	17.IV	14.IV	15.IV	17.IV

1) Start of flowering, 2) Year, 3) Average

Tabulka 5. Závislost začátku kvetení na sumě teplot a srážek v průběhu vegetace*Table 5. Dependence of start of flowering on the sum of temperatures and precipitation during vegetation*

Pearsonův korelační koeficient (r) ¹⁾			
Parametr ²⁾	Počet hodnocení ³⁾	Teplota ⁴⁾	Srážky ⁵⁾
Perioda ⁶⁾	n	III-IV	III-IV
Amid	9	-0,813	-0,313
Burlat	9	-0,838	-0,320
Elza	9	-0,839	-0,380
Fabiola	9	-0,819	-0,267
Felicita	9	-0,894	-0,259
Jacinta	9	-0,787	-0,332
Kordia	9	-0,829	-0,232
Tamara	9	-0,807	-0,290
Průměr ⁷⁾		-0,828	-0,299

1) Pearson's correlation coefficient, 2) Parameter, 3) Number of evaluations 4) Temperature, 5) Precipitations, 6) Period, 7) Average

Tabulka 6. Závislost násady plodů na sumě teplot a srážek v průběhu vegetace*Table 6.* Dependence of fruit set on the sum of temperatures and precipitations during vegetation

Pearsonův korelační koeficient (r) ¹⁾							
Parametr ²⁾	Počet hodnocení ³⁾	Teplota ⁴⁾	Teplota ⁴⁾	Teplota ⁴⁾	Srážky ⁵⁾	Srážky ⁵⁾	Srážky ⁵⁾
Perioda ⁶⁾	n	III-IV	V-VII	IV-VII	III-IV	V-VII	VIII-IX
Amid	9	0,282	0,488	0,269	0,083	-0,760	-0,209
Burlat	9	-0,316	0,572	0,058	-0,155	-0,671	-0,464
Elza	9	-0,296	0,565	0,093	-0,047	-0,595	-0,287
Fabiola	9	0,279	0,215	-0,278	0,316	-0,636	-0,436
Felicita	9	-0,234	0,447	0,064	-0,194	-0,427	-0,326
Jacinta	9	0,058	-0,027	0,067	0,002	-0,183	-0,111
Kordia	9	0,071	0,410	-0,037	0,261	-0,703	-0,301
Tamara	9	0,086	0,558	0,047	-0,079	-0,673	-0,263
Průměr ⁷⁾		-0,009	0,403	0,035	0,023	-0,581	-0,300

1) Pearson's correlation coefficient, 2) Parameter, 3) Number of evaluations, 4) Temperature, 5) Precipitations, 6) Period, 7) Average

Tabulka 7. Přehled plodnosti stromů s průměrnými hodnotami u každé odrůdy a v jednotlivých letech**Table 7.** Summary of yield and average value of each variety and in each year

Rok ²⁾	Plodnost ¹⁾ (kg/strom)												Průměr ³⁾
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Amid	1,3	3,0	0,0	7,3	0,9	8,0	12,0	0,5	5,0	10,0	6,3	2,0	4,7
Burlat	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	0,3	5,0	-	0,3	15,0	13,0	0,5	3,2
Elza	0,0	1,0	-	11,5	3,0	4,0	14,0	-	2,5	10,0	13,5	4,0	6,4
Fabiola	0,3	0,0	-	2,5	0,8	9,0	16,5	13,6	13,0	-	19,0	5,0	8,0
Felicita	0,0	0,8	4,0	16,0	1,5	1,3	9,0	-	5,5	6,5	17,5	4,5	6,0
Jacinta	1,5	2,2	-	4,2	0,2	2,0	3,0	6,5	0,8	1,0	3,7	2,5	2,5
Kordia	2,7	2,2	-	4,8	4,0	11,8	33,8	-	4,0	20,0	28,3	8,0	11,9
Tamara	0,0	1,8	-	9,8	0,4	5,5	29,5	2,0	3,3	20,0	7,5	6,0	7,8
Průměr ³⁾	0,7	1,4	1,3	7,0	1,4	5,2	15,3	5,7	4,3	11,8	13,6	4,1	6,3

1) Yield, 2) Year, 3) Average

Tabulka 8. Závislost plodnosti na sumě teplot a srážek v průběhu vegetace**Table 8.** Dependence of yield on the sum of temperatures and precipitations during vegetation

Parametr ²⁾	Počet hodnocení ³⁾	Pearsonův korelační koeficient (r) ¹⁾					
		Teplota ⁴⁾	Teplota ⁴⁾	Teplota ⁴⁾	Srážky ⁵⁾	Srážky ⁵⁾	Srážky ⁵⁾
Perioda ⁶⁾	n	III-IV	V-VII	IV-VII	III-IV	V-VII	VIII-IX
Amid	9	0,216	0,544	0,202	0,181	-0,745	-0,235
Burlat	9	0,082	0,753	-0,013	0,036	-0,730	-0,480
Elza	9	0,093	0,467	-0,100	-0,138	-0,633	-0,461
Fabiola	9	0,163	0,535	-0,244	0,459	-0,724	-0,444
Felicita	9	0,109	0,372	-0,305	0,149	-0,377	-0,304
Jacinta	9	0,082	0,030	-0,189	-0,151	-0,239	-0,218
Kordia	9	0,169	0,370	-0,144	0,015	-0,742	-0,487
Tamara	9	0,085	0,379	0,164	-0,256	-0,651	-0,299
Průměr ⁶⁾		0,125	0,431	-0,079	0,037	-0,605	-0,366

1) Pearson's correlation coefficient, 2) Parameter, 3) Number of evaluations, 4) Temperature, 5) Precipitations, 6) Period, 7) Average

Tabulka 9. Přehled termínu zrání plodů s průměrnými hodnotami u každé odrůdy a v jednotlivých letech

Table 9. Summary of fruit ripening time and average date of each variety and in each year

Sklizňová zralost ¹⁾ (datum)													
Rok ²⁾	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Průměr ³⁾
Amid	-	16.VII	-	6.VII	11.VII	30.VI	5.VII	4.VII	2.VII	11.VI	8.VI	2.VII	30.VI
Burlat	-	-	-	7.VI	14.VI	8.VI	14.VI	13.VII	12.VI	17.V	9.VI	28.VI	13.VI
Elza	-	4.VII	-	26.VI	2.VII	18.VI	26.VI	4.VII	22.VI	8.VI	26.VI	29.VI	25.VI
Fabiola	8.VII	12.VII	-	29.VI	22.VII	1.VII	6.VII	10.VII	5.VII	-	2.VII	1.VII	6.VII
Felicita	-	6.VII	23.VI	8.VII	14.VII	20.VI	2.VII	4.VII	26.VI	9.VI	2.VII	28.VI	29.VI
Jacinta	11.VI	25.VI	-	11.VI	21.VI	8.VI	14.VI	20.VI	15.VI	28.V	13.VI	12.VI	13.VI
Kordia	7.VII	9.VII	-	4.VII	17.VII	30.VI	7.VII	4.VII	6.VII	13.VI	28.VI	2.VII	3.VII
Tamara	3.VII	15.VII	-	8.VII	24.VII	2.VII	11.VII	11.VII	7.VII	15.VI	30.VI	28.VI	5.VII
Průměr ³⁾	29.VI	8.VII	23.VI	27.VI	8.VII	22.VI	29.VI	5.VII	26.VI	5.VI	22.VI	27.VI	27.VI

1) Ripening time, 2) Year, 3) Average

Tabulka 10. Závislost termínu zrání plodů na sumě teplot a srážek v průběhu vegetace**Table 10.** Dependence of fruit ripening time on the sum of temperatures and precipitations during vegetation

Pearsonův korelační koeficient (r) ¹⁾						
Parametr ²⁾	Počet hodnocení ³⁾	Teplota ⁴⁾	Teplota ⁴⁾	Teplota ⁴⁾	Srážky ⁵⁾	Srážky ⁵⁾
Perioda ⁶⁾	n	III-IV	V-VII	IV-VII	III-IV	V-VII
Amid	9	-0,516	-0,590	0,158	-0,109	0,519
Burlat	9	-0,288	-0,615	-0,413	0,036	0,394
Elza	9	-0,537	-0,646	-0,394	0,076	0,494
Fabiola	9	-0,788	-0,034	0,338	-0,231	0,178
Felicita	9	-0,623	-0,437	-0,268	0,109	0,329
Jacinta	9	-0,589	-0,445	-0,206	0,285	0,375
Kordia	9	-0,504	-0,654	-0,101	0,112	0,550
Tamara	9	-0,647	-0,398	0,054	0,067	0,337
Průměr ⁷⁾		-0,561	-0,478	-0,104	0,043	0,397

1) Pearson's correlation coefficient, 2) Parameter, 3) Number of evaluations, 4) Temperature, 5) Precipitations, 6) Period, 7) Average