

AGROKLIMATOLOGICKÝ POTENCIÁL ROZŠÍŘENÍ RAJČETE JEDLÉHO (*LYCOPERSICON LYCOPERSICUM* L.)

Z. Žalud

Došlo: 19. září 2004

Abstract

ŽALUD Z.: *Agroclimatological potential of tomato (*Lycopersicon lycopersicum* L.) production areas.* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2005, LIII, No. 1, pp. 19-26

The methodology itself was based on assumption that the tomato growing areas are characterized by the certain minimum temperature sum required for the profitable production. It is obvious that the increase of the temperature predicted by the General Circulation Models will lead to the increase of these temperature sums over the whole area of the Czech Republic. However it is clear that not only meteorological elements but also suitable soil conditions are limiting factors for successful tomato growing. Therefore the presence of the predefined soil types was the second factor determining the suitability of the given region for the tomato growth. The results of the study confirmed the hypothesis that the global warming will lead to enlargement of the areas with suitable growing conditions for tomato and almost certainly for other kinds of vegetables. The changes are documented by the maps in order to identify the shifts in the distribution and extend of these areas on the district (NUTS 3) level.

temperature, spatial and temporal dispersal, climate change, geographic informational systems

Agroklimatické zdroje zemědělské i zelinářské výroby jsou především radiace, voda a teplota. Požadavky rostlin na agroklimatické faktory prostředí se číselně vyjadřují různými agroklimatickými ukazateli (Kurpelová et al. 1975) a na jejich základě se vyhodnocují podmínky krajiny v agroklimatické rajonizaci. Základní podmínkou pro realizaci rajonizace je správný výběr ukazatelů tak, aby vyjadřovaly jejich prostorové změny ve vztahu ke změnám ve vývoji konkrétní plodiny. Ze všech agroklimatických faktorů se na rajonizaci nejvíce podílí teplota vzduchu, která určuje možnost pěstování v různých oblastech. Předkládaná práce je zaměřena na teplomilnou zeleninu rajče jedlé (*Lycopersicon lycopersicum* L.) s cílem vypracovat teorii trendového vývoje jejího pěstování v souvislosti s klimaticko-půdními vazbami v návaznosti na

teorii změny klimatu s detailnějším zaměřením na teplotu vzduchu.

Dopady změny klimatu jsou v současné vědecké komunitě pracující v oblasti pěstování polních plodin aktuálním problémem, který je řešen z pohledu celosvětového např. v pilotní práci Rosenzweigové a Parryho (1994), daná témata jsou pravidelnou součástí projektů Evropské unie (např. Bindi, Olesen, 2000) a nejen v rámci plnění mezinárodních dohod je tento výzkum prioritou i v ČR (např. Kalvová et al. 2003). Problematika plodové zeleniny doposud v ČR nebyla cílem výzkumu, na rozdíl např. od projektu v rámci slovenského Národního klimatického programu, jehož výsledky publikoval Španík et al., 2001.

V současné době můžeme rajče jedlé zařadit mezi velmi oblíbené a nejvíce rozšířené zeleniny na světě.

Celková plocha pěstování rajčat v Evropě je asi 11 % z celkové výměry pěstované zeleniny. V budoucnosti se předpokládá, že spotřeba rajčat stoupne na 11 kg na osobu za rok. Hlavní příčina neustále se zvyšující spotřeby a s tím i rozšiřování plochy jejich pěstování souvisí s výbornými chuťovými vlastnostmi, ale také s vysokým obsahem vitamínů (vitamín C, B, PP, provitamin A), minerálních látek a ostatních látek (cukry, chuťové a vonné látky). V ČR patří mezi nejdůležitější zeleninové druhy, hlavně pro jeho mnohostranné využití ve výživě člověka. V současnosti se pěstuje na výměře pouze 430 ha [http://www.czso.cz/csu/edicniplan.nsf/publ/B21A9055F193DCF7C1256E4A0033F6FE/\\$File/1407.xls](http://www.czso.cz/csu/edicniplan.nsf/publ/B21A9055F193DCF7C1256E4A0033F6FE/$File/1407.xls), 2002), i když ještě v roce 1995 výměra činila 2196 ha. Rajče jedlé je vysloveně teplomilná rostlina. Velkoprodukčně ji můžeme pěstovat v kukuřičné výrobní oblasti i v nejteplejších polohách řepařské výrobní oblasti. Pěstuje se z přímého výsevu, nebo předpěstované sadby, což je v našich klimatických podmínkách vhodnější. Má dlouhou vegetační dobu (120–140 dní) a je citlivá na pozdní jarní mrazíky i na první podzimní mrazy. Nejvhodnější klimatické podmínky jsou v tradičních vinařských oblastech jižní Moravy a ve větším množství je možné pěstování i v okresech Brno-venkov, Břeclav, Hodonín.

Pro demonstraci vlivu variability či změny klimatu na rajonizaci v zemědělství je rajče jedlé ideální rostlinou. Rajčata vyžadují dlouhé vegetační období, optimální jsou léta s časným jarem, kdy nedochází k poklesu teplot v květnu. Teplé léto má přecházet do teplého podzimu. Pokud jde o nároky na vodu, vyžadují rajčata dostatek půdní vlhkosti po celé vegetační období, hlavně v jeho první polovině. Optimální model rozdělení vertikálních srážek je jejich rovnoměrné rozdělení od výsadby rostlin do období fyziologické vyspělosti prvních plodů. V době zrání mají být srážky omezeny. Tuto pravidelnost lze v ČR především v semi-aridních oblastech řešit pomocí závlah.

Optimální teplota pro většinu odrůd rajčat se má pohybovat v rozmezí 18–27 °C, v noci 12–15 °C. Pro nasazování plodů je třeba teploty 18–24 °C. Při teplotě pod 8 °C nebo nad 35 °C rostliny zastavují růst a květní poupata opadávají. Delší pokles teploty na 0,5–0 °C způsobuje úplné odumření rostlin. Zvýšená teplota při nedostatku světla a vysoké relativní vlhkosti způsobuje vytahování stonků, oddaluje vývin mechanického pletiva ve stonku a růst kořenů (Chejnovský, 2003).

Druhým limitem pro pěstování zeleniny uvažovaným v předkládané práci jsou půdy, které vzhledem k vytvořené biomase rajčete musí patřit svými fyzikálními, chemickými a fyzikálně chemickými vlastnostmi k nejkvalitnějším půdám charakterizovaných výhřevným teplotním režimem. Obecně jsou pro zeleninu nejvhodnější půdní typy černozem, hnědozem

a půdy nivní. Po úpravě pozemku se může pěstovat i na jiných půdních typech např.: na černicích po odvodnění pozemku, na šedozemích po dohnojení, na arenosolech po závlahách a zkulturnění pozemku.

MATERIÁL A METODY

Pro popis agroklimatických podmínek a teplotních dimenzí pěstování rajčat na území ČR, byly využity dostupné literární prameny (Kurpelová et al., 1975; Melichar, 1997; Mareček, 1999; Šrot, 1999; Bartoš et al., 2000). Rozhodujícím agrometeorologickým kritériem pro dozrání každé plodiny je suma teplot, z čehož pro danou studii vyplývá nutnost analýzy teplotních sum a jejich vymezení v jednotlivých lokalitách (výrobních oblastech, správních jednotkách apod.). Limitem pěstování každé kultury však nejsou jen klimatické, ale i pedologické charakteristiky. Z tohoto důvodu byla provedena analýza typů a druhů půd podle jejich vhodnosti pro pěstování rajčat pro území ČR. Třetím aspektem práce bylo zahrnutí teorie změny klimatu, která je již v současnosti všeobecně akceptovatelným faktem. Pro posouzení scénářů změny klimatu byly vybrány scénáře změny klimatu založené na globálních cirkulačních modelech (GCM), které jsou vyvíjeny na několika světových pracovištích a jejich výstupy jsou umístěny v rámci IPCC (např. Intergovernmental Panel on Climate Change) serveru datového centra publikovaného na <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk>. Rozdíly mezi jednotlivými GCM lze vyjádřit jejich různými výstupy pro různé (lokální, regionální nebo kontinentální) plochy či zahrnutím dvou SRES (Special Report on Emissions Scenarios = scénáře vycházející z IPCC strategie, nahrazující doposud běžně používané IS92 scénáře a vycházející z hodnoty hrubého národního produktu a růstu populace) emisních scénářů vývoje označovaných jako SRES - B1 či SRES - A2.

Vlastní metodika posouzení změny meteorologických charakteristik z pohledu pěstování rajčat byla vypracována následovně:

- analýza současných oblastí pěstování rajčat s důrazem na hodnotu roční průměrné teploty,
- vymezení oblastí s $TS_{10}^{\circ C} > 2\,800^{\circ C}$ pro současné klima, což jsou lokality s dostatečnou teplotní zabezpečeností pro efektivní pěstování rajčat,
- vyhodnocení pedologických podmínek a zvolení optimálních půdních druhů pro pěstování rajčat,
- stanovení očekávaného teplotního vývoje území ČR podle scénářů změny klimatu,
- přepočet teplotní sumy $TS_{10}^{\circ C} > 2800^{\circ C}$ podle scénářů změny klimatu zabírajících časový interval až po horizont 2100,
- vymezení oblastí s $TS_{10}^{\circ C} > 2800^{\circ C}$ a vhodných půdních druhů pro scénáře změny klimatu,
- grafické zpracování lokalit (NUTS3) s odpovídá-

cím teplotním zabezpečením a současně kvalitními půdami.

VÝSLEDKY

Oblasti vhodné k pěstování rajčat, teplotní a pedologické vymezení

Podle návrhu rajonizace zeleniny zpracované v roce 1955 Československou akademií zemědělských věd byly pro rajče jedlé v přírodních podmínkách, za předpokladu optimálních půdních a závlahových poměrů, stanoveny podmínky teplotního režimu. Obecně tyto podmínky mají vliv na volbu druhu a odrůdy zeleniny v rámci jednotlivých oblastí (tab. I). Průměrná roční teplota vzduchu v první zóně vhodnosti je 9 °C, v druhé zóně vhodnosti pak 8 °C. Průměrné roční teploty normálového období 1961–1990 v ČR jsou uvedeny v obr. 1a. Teplotní podmínky pro plné dozrání většiny odrůd rajčat byly v předkládané studii stanoveny za pomoci teplotní sumy TS10 > 2 800 °C (obr. 2a). Tato hodnota byla zvolena jednak jako přísnější kritérium z pohledu zelinářské výrobní oblasti, ale především jako logická hodnota ve vztahu ke scénářům změny klimatu, které jsou založeny na předpokladu zesílení skleníkového efektu doprovázeného globálním oteplováním.

Pro posouzení potenciálu rozšíření ploch v rámci změny klimatu byla využita především mapa půdních druhů a to tak, že za vhodné půdy byly považovány písčitohlinité, hlinité a jílovitohlinité (Obr. 2).

Scénáře změny klimatu

V současnosti používané scénáře změny klimatu jsou ve většině prací založeny na výstupech klimatických modelů různých měřítek a úrovní komplexity. Nejčastěji jsou citované scénáře založené na GCMs, což jsou nejrozvinutější prostředky simulace odezvy globálního klimatického systému k měnícím se atmosférickým podmínkám. V práci byly zohledněny jen výstupy pro teplotu a nebyly respektovány ani regionální klimatické modely (např. Goodess, Paultikof 1992) ani metody statistického „downscalingu“ (Huth et al., 2001), kde jsou stanovovány statistické závislosti mezi velkoprostorovými proměnnými pozorovaného klimatu a lokálními proměnnými jako teplota, popř. srážky. Jednotlivé scénáře mají tedy pouze platnost pro daný gridový bod a určité prostorové rozlišení (tab. II). V práci byly uvažovány GCM modely Hadley Centre for Climate Prediction and Research (zkratka: HadCM) – Velká Británie; DKRZ Hamburg (ECHAM) – Německo; Australia's Commonwealth Research Organisation (CSIRO) – Austrálie; Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (CGCM) – Kanada; National Centre for Atmospheric Research (NCAR-DOE) – USA; Goddard Institute for Space Studies (GISS) – USA

Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) – USA. V podstatě jde o klimatické modely vycházející ze stejného principu jako modely, které v současné době počítají předpovědi počasí, ale mají daleko delší časový horizont výstupů. Je zřejmé, že vychází z celosvětové meteorologické databanky a svoji úrovní a robustností vysoce překračují modely klasické předpovědi počasí. Jejich výstupem jsou datové řady reprezentující očekávaný vývoj meteorologických prvků – teploty, vlhkosti vzduchu, srážek, popřípadě globální radiace. Pro území ČR se scénáři změny klimatu zabývala Nemešová et al., 1999. V tab. II jsou uvedeny tyto scénáře změny klimatu včetně akronymů, které vymezují předpokládaný teplotní posun do konce 21. století.

Z tab. II je zřejmý konkrétní nárůst teploty podle jednotlivých GCM, především pro rok 2100. V souladu s uvedenými výsledky a konstatováním IPCC (2001) byla provedena analýza pro navýšení teploty v rozsahu 1–5 °C. Vyšší navýšení jak plyne z většiny scénářů pro SRES-A2 a obr. 3 by prakticky znamenalo posun celé plochy ČR do vhodných podmínek pěstování rajčat.

Rajonizace podle sumy teplot

Červená plocha obr. 3 vymezuje zóny vhodnosti z pohledu teplotního zabezpečení. Je zřejmé, že již jen posun o 1 °C by z pohledu teplotního zvýšilo potenciální plochu pěstování o více než 200 %. V případě oteplení o 5 °C by teplotní zabezpečení bylo jistotou prakticky na celém území ČR, s výjimkou horských oblastí. Pro současný stav (Obr. 3a) je nutné upozornit na lokalitu Praha, která klimaticky tvoří nejteplejší místo v ČR, což je však způsobeno rozdílnou energetickou bilancí vycházející z městské aglomerace a ne přirozeným rozdělením teplotních poměrů na území našeho státu.

Rajonizace podle sumy teplot a půdních druhů

Pomineme-li nedostatek vláhy (např. z důvodu závlah), je kromě teplotního zabezpečení pěstování zeleniny výrazně limitováno půdou. Obr. 4 znázorňuje průnik mezi hodnotami teplotního zabezpečení, které jsou výsledkem předcházející kapitoly a vhodnými druhy půd. Je zřejmé, že potenciální plocha rajčat se tím výrazně redukuje právě vzhledem k vhodným pedologickým podmínkám. Podkladové mapy v Obr. 3 a Obr. 4 jsou zpracovány až na úroveň okresů a je tak možné provést rajonizaci až na tzv. NUTS 3 úroveň. Finální přehled potenciálního rozšíření rajčete jedlého z pohledu ploch jsou uvedeny v tab. III. Vzhledem k využití Geografických informačních systémů, které ke znázornění výstupů využívají vysoce sofistikované statistické interpolační či regresní statistické metody, nebylo přistoupeno k další statistické prezentaci.

I: Charakteristika kukuřičné a řepařské zelinářské výrobní oblasti

	Kukuřičná	Řepařská
Reliéf terénu	Rovinný až mírně zvlněný	Rovinný až mírně zvlněný
Nadmořská výška	< 250 m n.m.	250–350 m n.m.
Klimatický region	Velmi teplý, suchý	Teplý suchý, teplý mírně suchý, teplý mírně vlhký
Průměrná roční teplota	9–10 °C	8–9 °C
Průměrné roční srážky	500–600 mm	500–650 mm
Výskyt suchých vegetačních období	30–50 %	10–60 %
Suma teplot nad 10 °C	2800–3100	2400–2800
Hlavní půdní jednotky	Černozemě, lužní typy na píscích, drnové půdy	Hlinité a písčitohlinité půdy
rozmístění	Břeclavsko, Znojensko, Hodonínsko, Brno, Brno-venkov, Vyškov	Olomouc, Přerov, Prostějov, Hradec Králové, Kolín, Nymburk, Chrudim, Louny, Litoměřice, Mělník, Opava, Mladá Boleslav, Kladno

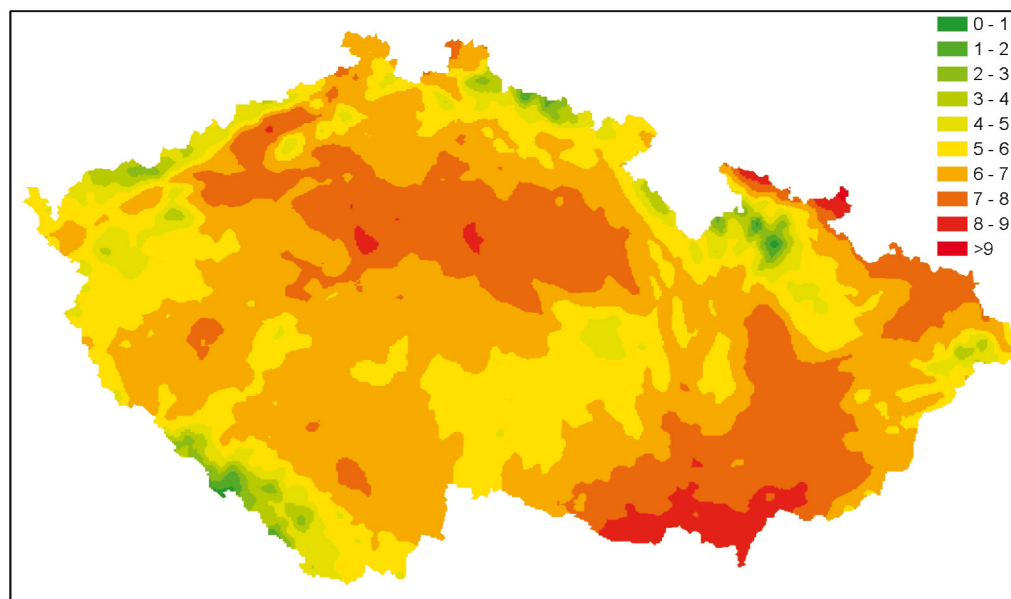
II: Seznam GCM využitých pro konstrukci scénářů změny klimatu založených na SRES – B1 a SRES – A2 emisním scénáři včetně vlivu skleníkových plynů a sulfátových aerosolů pro gridový bod pokrývající ČR.

Akronym	Oficiální název modelu	Prostorové rozlišení (° z.š. x ° z. d.)	nárůst t (°C) 2025		nárůst t (°C) 2050		nárůst t (°C) 2100	
			B1	A2	B1	A2	B1	A2
CCSR	CCSR=NIES	5,6 x 5,6	1,0	1,5	2,4	3,1	3,9	11,9
CGCM	CGCM1	3,8 x 3,8	0,5	0,6	1,0	1,2	1,6	4,7
CSIRO	CSIRO-Mk2	3,2 x 5,6	0,6	0,9	1,3	1,7	2,2	6,6
ECHAM	ECHAM4=OPYC3	2,8 x 2,8	0,8	1,2	1,9	2,4	3,0	9,3
GFDL	GFDL-R15-a	4,5 x 7,5	0,7	1,1	1,7	2,2	2,8	8,4
HadCM	HadCM2	2,5 x 3,75	0,6	0,9	1,4	1,9	2,3	7,4
NCAR	NCAR DOE-PCM	2,8 x 2,8	0,6	0,9	1,3	1,7	2,2	6,6

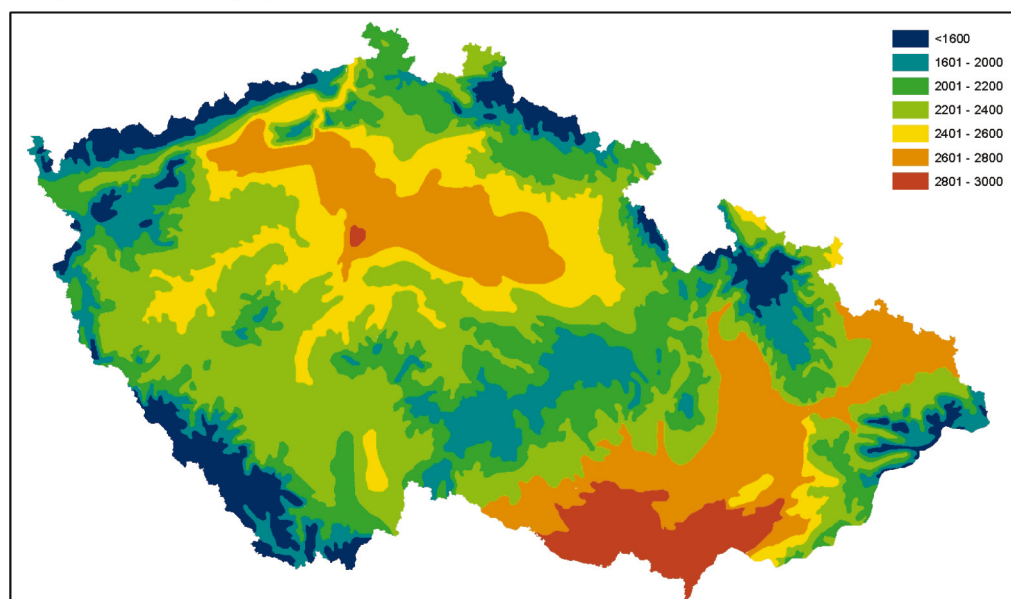
III: Teplotní a teplotně-pedologické podmínky zabezpečení dozrání rajčete jedlého podle změny $TS > 10\text{ °C}$ pro území ČR = 78 917 km² vyjádřené v relativních (%) i absolutních jednotkách (km²).

změna teploty	teplotní podmínky		teplotně-pedologické podmínky	
	%	km ²	%	km ²
0 °C	5,3	4183	3,5	2762
+1 °C	21,2	16730	17,5	14047
+2 °C	40,4	31882	31,4	24780
+3 °C	72,3	57057	48,3	38117
+4 °C	95,6	75445	59,2	46719
+5 °C	97,8	77181	65,8	51927

Normálová teplota 1961–1990 (°C)

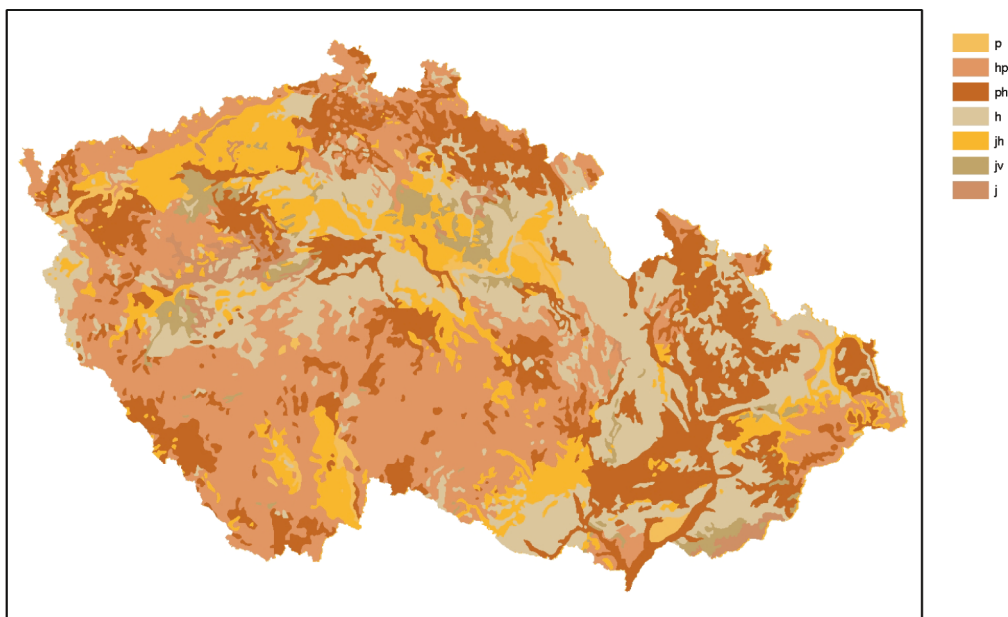


Teplotní suma TS10 (°C)

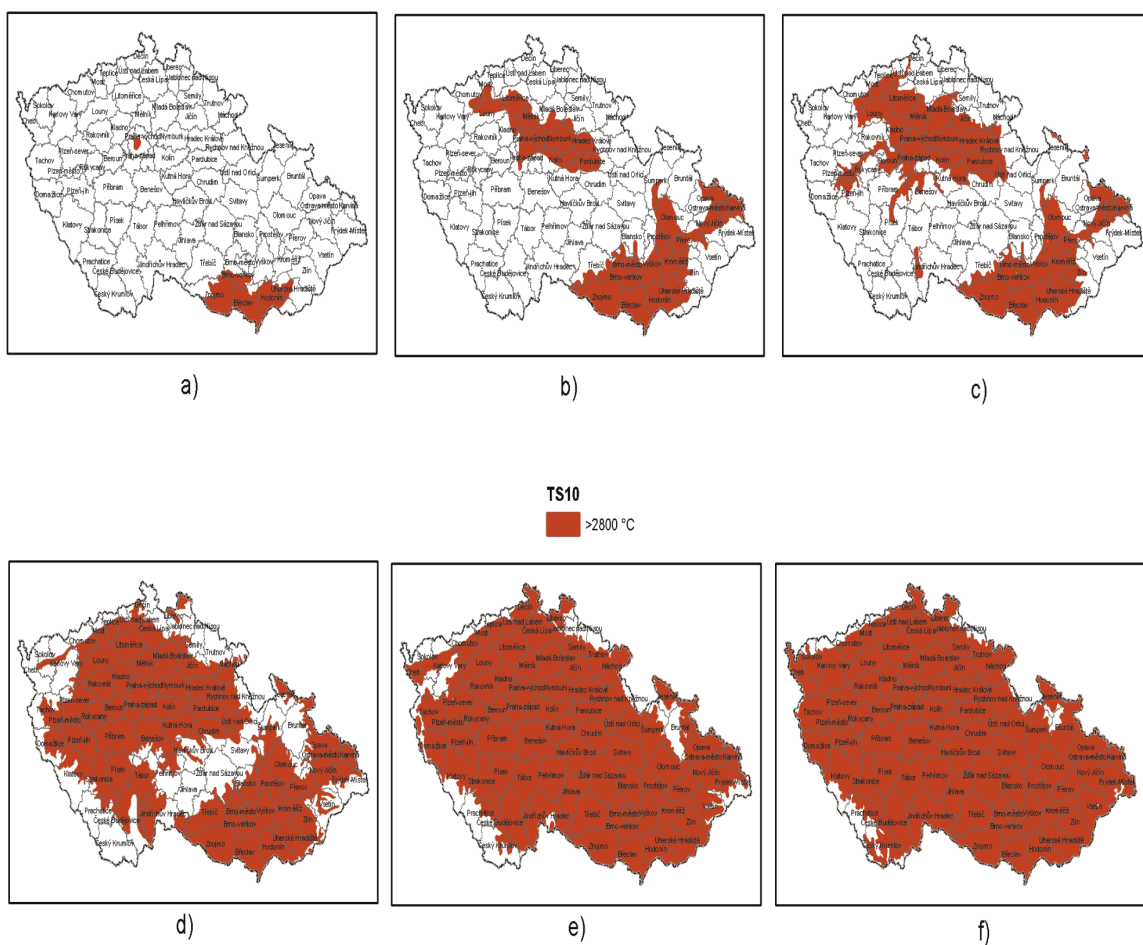


1: Průměrné roční teploty vzduchu a TS (teplotní suma) > 10 °C pro normálové období 1961–1990 na území ČR.

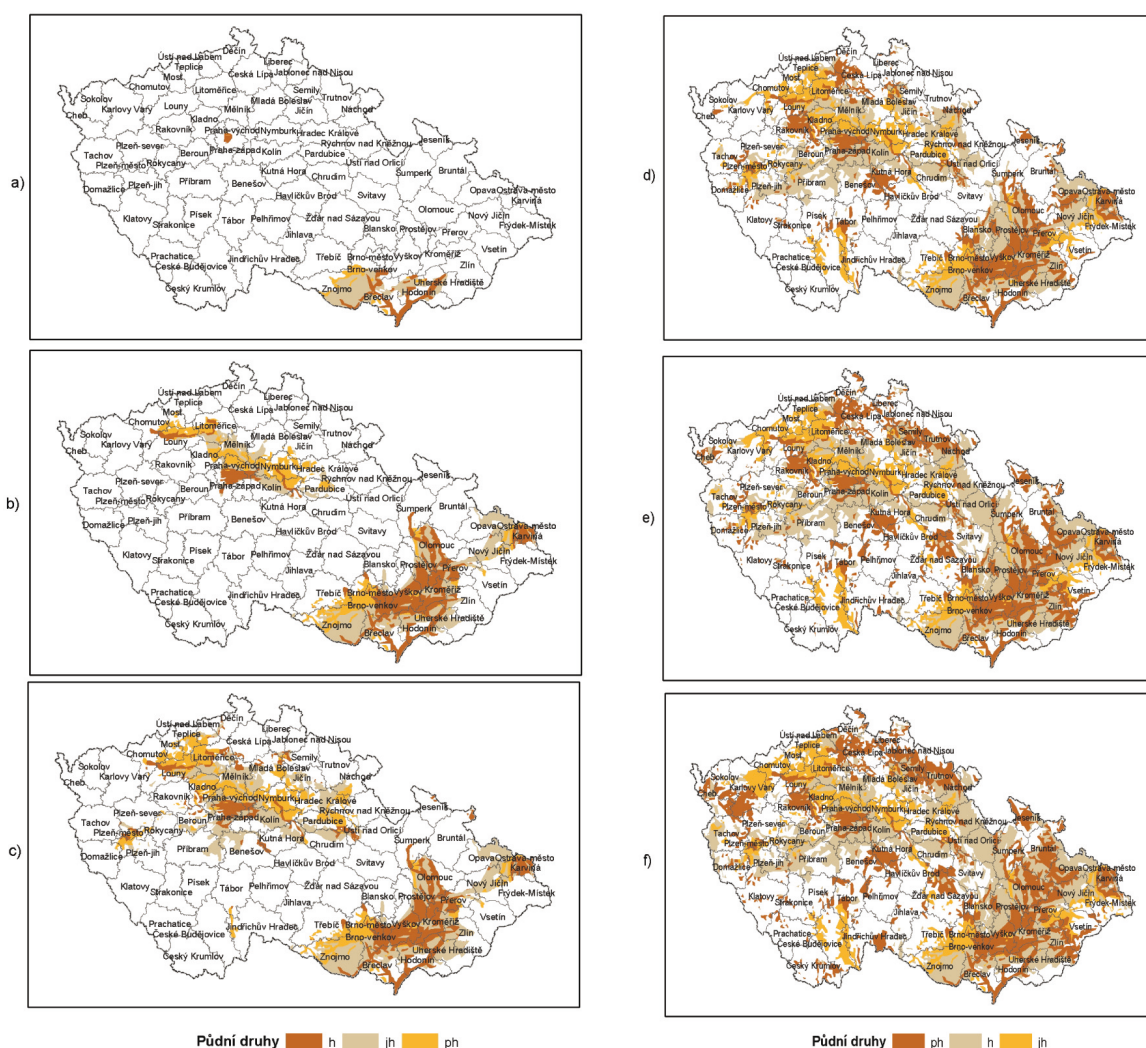
Druhy půd ČR



2: Druhy půd ČR. Barevná škála u druhů půd označuje: p – písčité, hp – hlinitopísčité, ph – písčitohlinité, h – hlinité, jh – jílovitohlinité, jv – jílovité, j – jíly



3a–f: Teplotní zabezpečení rajčete podle inkrementálního nárůstu teploty podle scénářů GCM v rozsahu 1–5 °C. Na 3a je vymezen současný stav z pohledu teplotní sumy TS10 > 2800 °C, Obr. 3b–f vyznačují lokality postupným navýšením teplotní sumy o jeden stupeň k cílovému limitu TS 10° > 2800 °C.



4: Kombinace teplotního a pedologického přístupu pro vymezení potenciálních ploch pěstování rajčat pro zvýšení teploty v rozsahu 1 °C až 5 °C podle tří vybraných půdních druhů. Obr. 4a vymezuje současný stav, Obr. 4 b–f vždy navýšení o 1 °C obdobně jako u Obr. 3.

SOUHRN

Změna klimatu je podle odborníků pracujících v oblasti meteorologie a klimatologie faktem, který ovlivní socio-ekonomické vztahy a vazby na celé planetě. Jednou z nejcitlivějších oblastí, která je přímo závislá na atmosférických procesech, je zemědělství, a to především oblast pěstování polních plodin. Předkládaná práce je pilotním příspěvkem k danému tématu u zahradnické plodiny. Na základě dostupných údajů je zpracována analýza možného trendu vývoje pěstování rajčete jedlého na území ČR. Pro dosažení cíle práce byly využity teplotní a pedologické podklady, z pohledu teplotních sum (zabezpečení dozrání kultury) a vhodných půdních druhů. V práci nebyly uvažovány srážkové poměry ani jejich případná změna, neboť se jedná o meteorologický prvek, který na rozdíl od teploty může být kompenzován závlahou. Změna teploty byla odvozena na základě scénářů změny klimatu založených na globálních cirkulačních modelech. Základním výstupem práce není pouhé očekávané konstatování o vyšším potenciálu pěstování rajčat v podmínkách změny klimatu, ale vymezení konkrétních lokalit v gradientovém posunu od 1 °C do 5 °C v kombinaci s optimálními půdními podmínkami vyskytujícími se na území ČR až na úroveň jednotlivých okresů. I když obdobné studie byly v rámci Národního klimatického programu České republiky již provedeny pro některé obilniny, v oblasti pěstování zeleniny doposud daná tematika zpracována nebyla.

teplota, prostorová a časová rozšíření analýza, změna klimatu, geografické informační systémy

PODĚKOVÁNÍ

Práce mohla být provedena s podporou výzkumného záměru řešeného na Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě v Brně č.: J 08/98: 432100001.

LITERATURA

- BARTOŠ a kol.: Pěstování a odbyt zeleniny, AGRO-SPOJ Praha 2000, pp.256
- BINDI, M., OLESEN, J.: Agriculture, In: Assessment of Potential Effect and Adaptations for Climate Change in Europe: The Europe ACACIA Project, (Parry, M.L. ed). Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, United Kingdom, 2000, p. 324
- GOODESS, C. M., PAULTIKOF, J. P.: The development of regional climate scenarios and the ecological impact of greengouse-gas warming, *Advances in ecological research* 22: 33-62 1992
- HUTH, R., KYSELÝ, J., DUBROVSKÝ, M.: Time structure of observed, GCM-simulated, downscaled, and stochastically generated daily temperature series. *Journal of Climate*, 2001, 14, 4047-4061
- CHEJNOVSKÝ, P.: Vliv nekontrolovatelného stresového faktoru – chladu na růst, vývoj rostlin a na hospodářský výnos rajčat; Diplomová práce, 2003, ZF MZLU v Brně
- IPCC 2001: IPCC Third Assessment Report: Contributions of IPCC Working Groups, Summaries for Policymakers <http://www.ipcc.ch/>
- KALVOVÁ, J., KAŠPÁREK, L., JANOUŠ, D., ŽALUD, Z., KAZMAROVÁ, H.: Zpřesnění scénářů projekce klimatické změny na území České republiky a odhadů projekce klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství a na lidské zdraví v ČR. NKP Praha 2003. 151 s.
- KURPELOVÁ, M., COUFAL, L., CULÍK, J.: Agroklimatické podmínky ČSSR. HMÚ v Přírodě, 1975; 268 s
- MAREČEK, F.: Zahradnický slovník naučný 4 N-Q, Praha 1999, 562 s.
- MELICHAR, M. a kol: Zelinářství, Praha 1997, 165 s.
- NEMEŠOVÁ, I., KALVOVÁ, J., DUBROVSKÝ, M.: Climate change projections based on GCM-simulated daily data. *Studia Geophysica et Geodaetica* 43, 1999, 201-222
- ROSENZWEIG, C., PARRY, M. L.: Potential Impact of Climate Change on World Food Supply.-*Nature* 367, 1994, 13-138.
- ŠPÁNIK, F., ŠÍŠKA, B., REPA, Š., TOMLAIN, J.: Klimatická zmena teplotných pomerov – podklad agroklimatickej rajonizácie plodových zelenín. In. Národný klimatický program SR. Bratislava: MŽP SR, 2001, s. 93-94
- ŠROT, R.: Zelenina, Vyd. 2, Praha: Aventinum 1999

Adresa

Doc. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D. Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika