Vliv klimatických změn na možnosti pěstování cukrové řepy v České republice

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGES ON SUGAR BEET GROWING CONDITIONS IN THE CZECH REPUBLIC

Veronika Kopecká[1], Ivo Machar[2], Antonín Buček[3], Alois Kopecký[4]
[1]ČVUT Praha, [2]Univerzita Palackého Olomouc, [3]Mendelova univerzita Brno, [4]Ministerstvo místního rozvoje ČR

Rostoucí trendy globální teploty jsou nezpochybnitelné (1), i když se mezi odborníky obsáhle diskutuje o významu lidských aktivit při objektivně monitorovaném nárůstu skleníkových plynů v atmosféře (2). V Evropě existuje velmi hustá síť dlouhodobě měřících stanic s řadou systémů doplňujících distančních měření, proto jsou v Evropě analýzy trendů teplot mnohem přesnější než kdekoliv jinde ve světě. Teplota evropského kontinentu se během minulého století zvýšila v průměru o 1,2 °C, přičemž trend nárůstu se za posledních 20 let zvýšil dvojnásobně. Průměrné počty letních dnů v Evropě se během 20. století zdvojnásobily, počty tropických dnů se ztrojnásobily. To má samozřejmě významné důsledky pro evropské zemědělství a lesnictví (3). Trendy dlouhodobých meteorologických měření na území České republiky ukazují kromě růstu průměrných teplot i výrazný vzrůst výskytu externalit počasí – počty tropických a letních dnů i nocí narůstají a počty mrazových a ledových dnů klesají. Lineární trendy územních teplotních a srážkových úhrnů v ČR (tedy modifikované hodnoty z plošného zpracování údajů staniční sítě, které zohledňují polohu jednotlivých meteo stanic) potvrzují zvyšující se trend nárůstu průměrných teplot a pokles celkového množství srážek ve všech obdobích roku s výjimkou zimy (4). Výsledky simulací dalšího trendu vývoje klimatu v ČR modelem Aladin Climate CZ predikují pokračující nárůst průměrných teplot o 0,24 °C za deset let i úbytek srážek ve vegetačním období, a to za současného dramatického nárůstu extrémních meteorologických jevů (např. tzv. bleskové povodně apod.) s nepříznivými důsledky pro zemědělství (5).

Pro hodnocení vlivů možných klimatických změn na růstové podmínky zemědělských plodin jsou vhodným prostorovým rámcem vegetační stupně (6). Vegetační stupně byly v ČR vymezeny metodou bioindikace a jsou detailně definovány v charakteristikách nadstavbových jednotek geobiocenologické typologie krajiny (7). Rozložení vegetačních stupňů v krajině odráží charakter orograficky podmíněných rozdílů klimatických podmínek a jejich gradientů. Klimatické změny se projevují pozvolným posunem vegetačních stupňů do vyšších nadmořských výšek, tedy změnou celkové vegetační stupňovitosti krajiny.

Na základě geobiocenologické typizace krajiny byl na třech českých univerzitách a ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem vyvinut matematický model predikce změn vegetačních stupňů v závislosti na klimatických změnách (8). Článek prezentuje aplikaci tohoto modelu při predikci vlivů klimatických změn na budoucí podmínky pro pěstování cukrové řepy v ČR. Cílem článku je přispět k diskusím o budoucnosti cukrovky v Evropě (9) pohledem aplikované krajinné ekologie.

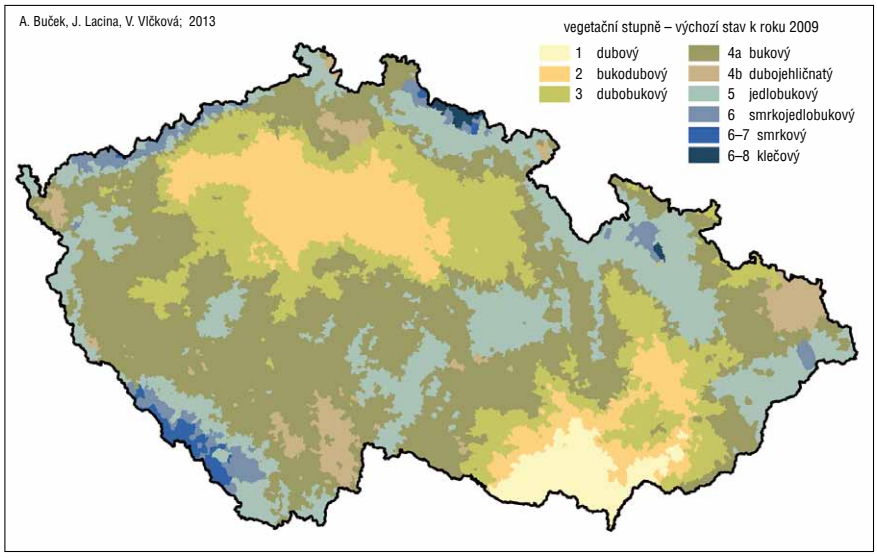
Metodika a materiál

Prezentovaný model změn vegetační stupňovitosti patří do skupiny nedynamických korelativních modelů predikce vlivů klimatické změny na terestrické ekosystémy (10), protože vychází ze vztahu mezi současným klimatem a vegetačními typy. Základem modelu je předpoklad, že i v budoucnu bude zachován obecný ekologický vztah mezi vegetační stupňovitostí a klimatickými podmínkami. Předpokládané změny klimatu se tedy projeví v posunu současných vegetačních stupňů.

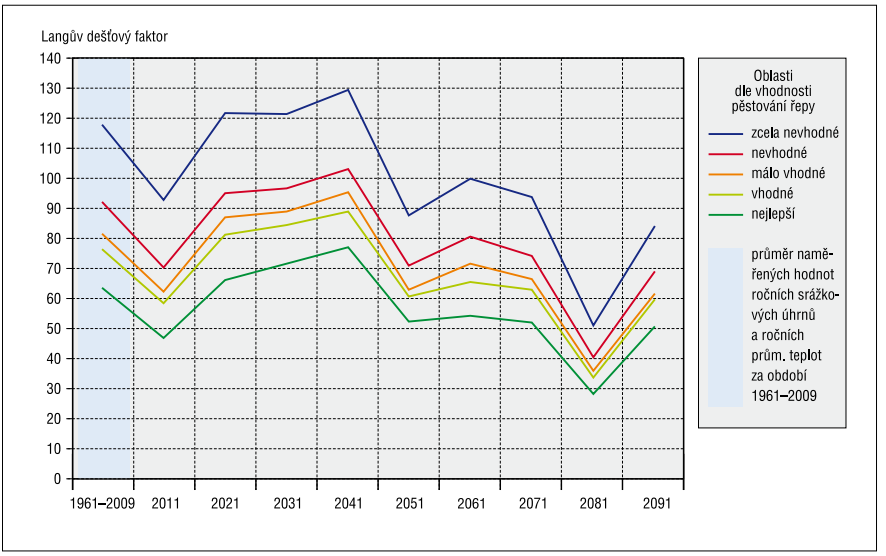
Zdrojem klimatologických dat pro model je predikční klimatická databáze Českého hydrometeorologického ústavu (11), z níž jsou využity údaje o ročních úhrnech srážek, roční průměrné relativní vlhkosti vzduchu, roční průměr denní sumy globálního záření, roční průměrná teplota vzduchu a roční průměrná rychlost větru. Tato databáze váže data na soustavu 131 bodů pravidelně rozmístěných po celém území České republiky v podobě pravidelné lichoběžníkové sítě.

Zdrojem geobiocenologických dat pro model je Registr biogeografie (12), který obsahuje geobiocenologickou klasifikaci krajiny ČR (vegetační stupňovitost, trofické

Obr. 1. Kartogram současné vegetační stupňovitosti v České republice podle geobiocenologické klasifikace krajiny v pojetí prof. Zlatníka (1976)



Obr. 2. Graf možných změn hodnot Langova dešťového faktoru v oblastech klimaticky vhodných pro pěstování cukrové řepy v desetiletých časových horizontech do roku 2091

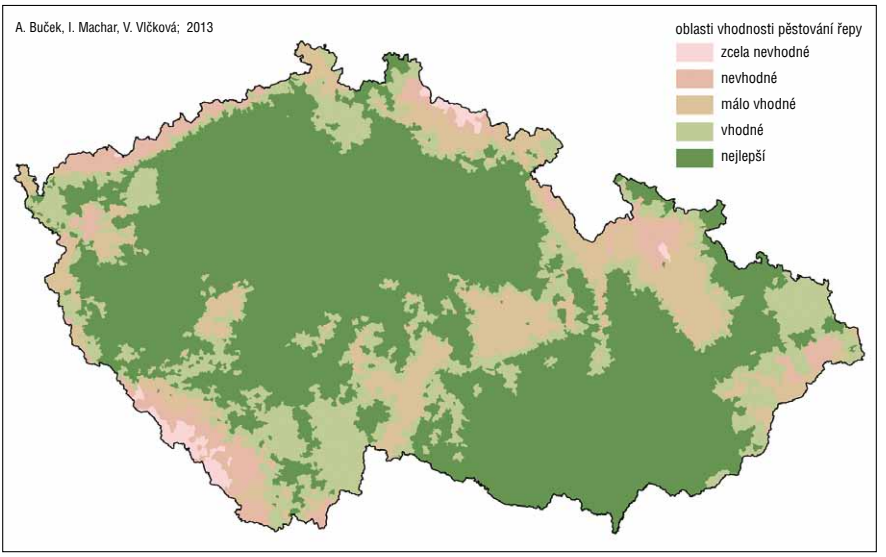


a hydrické řady) promítnutou na vybraný druh prostorových jednotek technického členění území ČR – katastrální území. Registr biogeografie tak má k dispozici pro nejrůznější typy analýz charakteristiku geobiocenologických vlastností za cca 13 000 polygonů, plně pokrývajících území ČR. Tato databáze poměrně kvalitně vystihuje heterogenitu přírodních podmínek celého státu díky vazbě na katastrální území, protože původní tereziánský katastr (dodnes více méně respektovaný Katastrem nemovitostí) byl vytyčen právě na přirozených hranicích, jako jsou např. vodoteče, hranice lesa, výrazné geomorfologické útvary v krajině apod. (13).

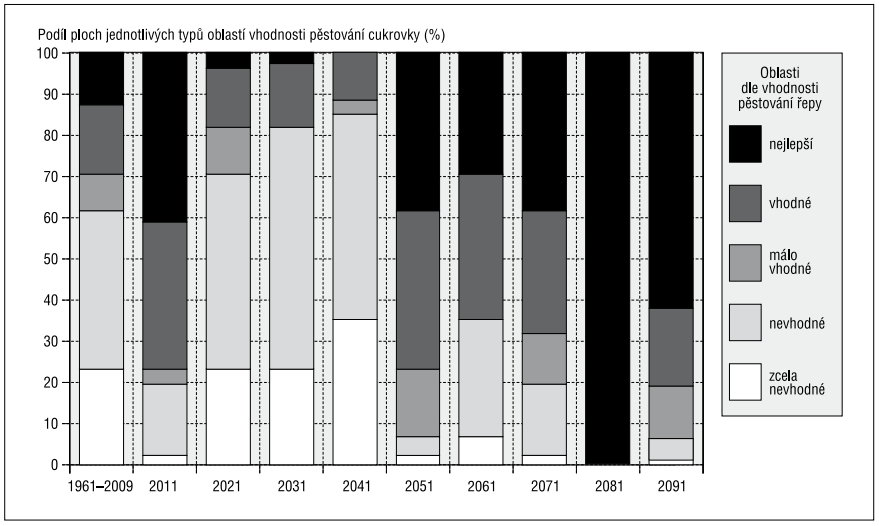
Počítačový model posunu vegetačních stupňů v důsledku klimatických změn je řešen jako soubor speciálních programů (programovací jazyk Fortran) a aplikací v prostředí GIS Arc/Info, resp. ArcGIS.

Klimatické charakteristiky byly definičním bodům Registru biogeografie přiřazeny analyticko-geometrickou cestou konstrukce podrobnější sítě bodů v území (krok 250 m), do nichž jsou gradientní metodou přepočteny hodnoty klimatických veličin příslušných čtyř nejbližších sousedních původních bodů klimatické databáze ČHMÚ. Na základě charakteristik kukuřičných a řepařských zemědělských výrobních oblastí v ČR byla

Obr. 3. Kartogram pravděpodobného trendu vymezení oblastí vhodných pro pěstování cukrové řepy k roku 2091



Obr. 4. Graf možných změn podílů ploch v zemědělských výrobních oblastech klimaticky vhodných pro pěstování cukrové řepy v závislosti na trendu změn vegetační stupňovitosti v desetiletých časových horizontech do roku 2091



provedena algoritmizace současných podmínek pro pěstování cukrové řepy do vegetační stupňovitosti a geobiocenologické charakteristiky hydrických a trofických řad. Prognózované klimatické charakteristiky definičních bodů, jim odpovídající vegetační stupeň a charakteristika přírodních klimatických podmínek byly určeny metodou časoprostorových analogií (14), přičemž jako vztahový ukazatel byl v první fázi řešení použit Langův dešťový faktor, kombinující do jedné hodnoty roční průměrný úhrn srážek a roční průměrnou teplotu (15).

Výsledky

Kartogram na obr. 1. ilustruje dnešní rozložení převládajících vegetační stupňů v České republice podle geobiocenologické klasifikace krajiny v pojetí prof. Zlatníka (6). Vegetační stupňovitost vyjadřuje závislost vegetace na dlouhodobém působení výškového a expozičního klimatu, daného průměrnými i extrémními teplotami ovzduší a množstvím a rozložením atmosférických srážek (včetně srážek horizontálních). Současná vegetační stupňovitost se v území České republiky ustálila v období staršího subatlantika cca 800–500 let př n. l., přičemž posun vegetačních stupňů v krajině odráží průběh klimatických změn (16). Proto je dnešní vegetační stupňovitost základním výchozím rámcem pro predikce vlivů klimatu na produkční a růstové podmínky vegetace, tedy i zemědělských plodin včetně cukrové řepy.

Graf na obr. 2. ukazuje predikovaný trend změn hodnot Langova dešťového faktoru v oblastech klimaticky vhodných pro pěstování cukrové řepy v desetiletých časových horizontech. Grafické údaje v predikčním období až do roku 2091 odkazují na výchozí měřené hodnoty průměrného ročního úhrnu srážek a průměrných ročních teplot za období 1961–2009.

Mapové znázornění na obr. 3. ilustruje predikovaný stav vymezení oblastí vhodných pro pěstování cukrové řepy k časovému horizontu 2091. Podrobný trend predikovaných časových změn podílů ploch v zemědělských výrobních oblastech klimaticky vhodných pro pěstování cukrové řepy v závislosti na trendu změn vegetační stupňovitosti v desetiletých časových horizontech do roku 2091 ukazuje graf na obr. 4. Tento graf odpovídá kartografickému vyjádření na obr. 3., ovšem prezentuje odpovídající podíly z výměry ČR v procentech formou kumulativního sloupcového grafu detailněji – v jednotlivých desetiletých horizontech v predikčním období 2021–2091.

Diskuse a závěr

Klima rozhodujícím způsobem ovlivňuje rozmístění organismů na zemském povrchu i lidské aktivity, jako je např. zemědělství (17). Z praktických důvodů jsou proto hledány možnosti predikce vlivů klimatických změn na podmínky pro pěstování zemědělských plodin (18).

Pro hodnocení možných dopadů probíhající a očekávané změny podnebí na biotu se využívají nejčastěji specializované pokusné studie nebo matematické modelování, přičemž pokusné studie jsou prováděné buď krátkodobě v laboratoři (kupř. v mikrokosmu), nebo delší dobu v terénu. Ovšem jejich vypovídací hodnotu omezuje malý počet činitelů, kterými lze současně manipulovat. Zatímco krátkodobé pokusy, při nichž se mění jen jeden činitel prostředí, kupř. uměle se zvyšuje koncentrace CO_2, představují málo reálnou situaci budoucí změny podnebí, víceletá současná úprava CO_2, teploty, množství a dostupnosti živin zachytí dopad předpokládané klimatické změny lépe (19).

Matematické modelování při prognóze budoucího dopadu změny podnebí na biologickou rozmanitost nejčastěji užívá následující typy modelů:
– modely, které berou v úvahu jedince,
– modely založené na teorii ekologické niky,
– modely globálního klimatu a sloučené modely oceán-ovzduší-biosféra, včetně modelů dynamiky globální vegetace,
– modely založené na křivce druhy–plocha, berou v úvahu všechny druhy nebo jejich velká seskupení.

Při využívání jakýchkoli modelů je nutné brát v úvahu, že modely nejsou předpověďmi budoucího vývoje. Modely přispívají k prognózám, ale musí být citlivě interpretovány na základě znalostí biologie nebo ekologie organismů, které jsou modelovány.

Naprostá většina až dosud navržených modelů je korelačních – jsou založeny na vzájemné závislosti (funkci nebo algoritmu) mezi určitou proměnnou nebo proměnnými v prostředí, obvykle bioklimatickými veličinami, jako je teplota nebo srážky, a současným areálem rozšíření druhu. Jestliže na základě klimatických scénářů předvídáme, jak se může změnit podnebí v budoucnosti, přiřadíme k změněným proměnným příslušné biologické druhy nebo jejich společenstva. Uvedený postup bývá označován jako metoda bioklimatické obálky (20).

Pro modelování předpovědí vlivů klimatické změny na podmínky pěstování cukrové řepy na Slovensku vycházel z hodnocení současného produkčního potenciálu zemědělských půd, vyjádřeného bonitovanými půdně-ekologickými jednotkami, k nimž byly přiřazeny produkční parametry cukrovky (21).

Náš predikční model, prezentovaný v tomto článku, využívá jako vztahový ukazatel Langův dešťový faktor, který je široce využíván v zemědělské praxi pro klasifikaci a hodnocení oblastí

podle dostupnosti vláhy v půdě pro rostliny. V budoucnu uvažujeme druhou generaci predikčního modelu rozšířit o aplikaci některé z metod shlukové analýzy.

Ačkoliv výzkum vlivů klimatické změny na biotu přilákal v poslední době pozornost celých vědeckých týmů složených z odborníků z různých vědních oborů, je zřejmé, že naše schopnosti předvídat změny v početnosti a rozšíření kulturních i planě rostoucích rostlin zůstávají i nadále omezené vlivem statistických i stochastických nejistot v environmentálních datech (22).

Autoři článku děkují pracovníkům ČHMÚ J. Pretelovi a R.Tolaszovi za poskytnutí klimatologických dat z projektu „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření" (MŽP VaV SP/1a6/108/07). Práce na tomto článku byla podpořena grantem Univerzity Palackého v Olomouci „ENVIRUP" CZ.1.07/2.2.00/07.0086 a grantem Mendelovy univerzity v Brně „TARMAG" MŽP VaV SP/2d4/59/07.

Souhrn

Vlivy klimatických změn na zemědělskou produkci jsou široce diskutovány. Příčiny klimatické změny jsou hledány zejména ve zvyšování obsahu skleníkových plynů v zemské atmosféře v důsledku spalování fosilních paliv. Klimatologické prognostické scénáře předpokládají, že globální změny klimatu se na území České republiky projeví v blízkých desetiletích zvýšením roční průměrné teploty o 1–2 °C. Pro hodnocení vlivů možných klimatických změn na růstové podmínky zemědělských plodin jsou vhodným prostorovým rámcem vegetační stupně. Vegetační stupňovitost vyjadřuje závislost vegetace na dlouhodobém působení výškového a expozičního klimatu, daného průměrnými i extrémními teplotami ovzduší a množstvím a rozložení atmosférických srážek. Klimatická změna (oteplení) se projevuje pozvolným posunem vegetačních stupňů do vyšších nadmořských výšek, tedy změnou celkové vegetační stupňovitosti. Model změn vegetační stupňovitosti v ČR byl vyvinut na třech českých univerzitách ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem. Model se opírá o geobiocenologickou klasifikaci krajiny a registr biogeografie. Článek prezentuje aplikaci tohoto modelu při predikci vlivů klimatické změny na budoucí klimatické podmínky pro pěstování cukrové řepy v ČR.

Klíčová slova: změna klimatu, model, podmínky pěstování cukrové řepy, vegetační pásma.

Literatura

1. Flannery, T.: *The Weather Makers: The History and future Impact of Climate Change*. Melbourne: T Publishing Company, 2005, 270 s.
2. Braniš, M.; Hůnová, I. (eds.): *Atmosféra a klima. Aktuální otázky ochrany ovzduší*. Praha: Karolinum, 2009, 196 s.
3. Trumper, K. et al.: *The natural fix? The role of ecosystems in climate change mitigations*. Cambridge: UNEP-World Conservation Monitoring Centre, 2009, 65 s.
4. Nátr, L.: *Země jako skleník: Proč se bát CO_2?* Praha: Academia, 2006, 142 s.
5. Pretel, J.: 2009. Současný vývoj klimatu a jeho výhled. *Ochrana přírody*, 64, 2009 (suppl.), s. 2–7.
6. Zlatník, A.: Přehled skupin typů geobiocénů původně lesních a křovinných v ČSR. *Zprávy GGÚ ČSAV*, 1976, 13, s. 55–64.
7. Buček, A.; Lacina, J.: *Geobiocenologie II*. Brno: Mendel. univ., 1999, 156 s.
8. Buček, A.; Vlčková, V.: Scénář změn vegetační stupňovitosti na území ČR: deset let poté. *Ochrana přírody*, 67, 2012 (suppl.), s. 8–11.
9. Bittner, V.: Existují limity pro výnos cukrovky a jaká je její budoucnost v Evropě? *Listy cukrov. řepař.*, 124, 2008 (11), s. 296–297.
10. Walker, B. H.: Landscape to regional scale responses of terrestrial ecosystems to global change. *Ambio*, 23, 1994, s. 67–73.
11. Pretel, J. et al.: *Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření (V)*. Závěrečná zpráva o řešení 2007–2011. Projekt VaV – SP/1a6/108/07. Praha: ČHMÚ, 2011.
12. Kopecká, V.: *Ekologická banka dat ISÚ, Roční situační zprávy pro Integrovaný informační systém o území ISÚ*. Praha: TERPLAN – Státní ústav pro územní plánování, 1983–1994.
13. Semotanová, E.: *České země na starých mapách*. Praha: Geografická služba AČR, 2008, 240 s.
14. Kopecká, V.; Buček, A.: *Modelování možných důsledků globálních klimatických změn na území ČR*. Praha: Agentura OPKaK ČR, 1999, 27 s.
15. Rožnovský, J.; Havlíček, V.: *Bioklimatologie*. Brno: Mendel. univ., 1999, 155 s.
16. Ložek, V.: Důsledky poznání vývoje přírody a krajiny ČR v holocénu. In Machar, I.; Drobilová, L. (eds.) *Ochrana přírody a krajiny v ČR*. Olomouc: Univ. Palackého, 2012, s. 58–64.
17. Lomolino, M. V. et al.: *Biogeography*. Sunderland: Sinauer Association Inc., 2005, 308 s.
18. Kalvová, J.; Moldan, B.: *Klima a jeho změna v důsledku emisí skleníkových plynů*. Praha: Karolinum, 1995, 132 s.
19. Betts, R.: Implications of land ecosystem-atmosphere interactions for strategies for climate change adaptation and mitigation. *Tellus Ser. B Chem. Phys. Meteor.*, 59, 2007, s. 602–615.
20. Botkin, D. B. et al.: Forecasting the effects of global warming on biodiversity. *BioScience*, 57, 2007, s. 227–236.
21. Vilček, J.: Dopad klimatických zmien na možnosti pestovania cukrovej repy na Slovensku. *Listy cukrov. řepař.*, 124, 2008 (3), s. 78–80.
22. Araújo, M. B. et al.: Reducing uncertainty in projection of extinction risk from climate change. *Global Ecol. Biogeogr.*, 14, 2005, s. 529–538.

Kopecká V., Machar I., Buček A., Kopecký A.: The Impact of Climate Changes on Sugar Beet Growing Conditions in the Czech Republic

Climatological forecast scenarios for the territory of the Czech Republic assume that possible global climate changes caused by rising greenhouse gas content in the earth's atmosphere due to the burning of fossil fuels would result in an average temperature rise by 1–2 °C. An appropriate spatial framework to assess the effects of possible climate changes on growth conditions of agricultural crops are the vegetation zones. Vegetation zoning expresses the dependence of biota on the long-term effects of altitude and exposure climate, given by the average as well as extreme air temperatures and the amount and distribution of precipitation (including horizontal precipitation). Climate change is reflected in the gradual shift of vegetation zones to higher altitudes, i.e. by the changes in the overall vegetation zoning. A model of the changes in the vegetation zones in the Czech Republic was developed at three Czech universities in cooperation with the Czech Hydrometeorological Institute. This paper presents an application of this model to predict the effects of climate change on future climate conditions for sugar beet cultivation in the Czech Republic.

Key words: climate change, model, sugar beet growing conditions, vegetation zones.

Kontaktní adresa – Contact address:

doc. Ing. Ivo Machar, Ph. D., Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta, Katedra biologie, Žižkovo nám. 5, 771 40 Olomouc, Česká republika, e-mail: ivo.machar@upol.cz