

MODELOVÁNÍ DOPADU ZVÝŠENÉ KONCENTRACE CO₂ NA VÝNOS JEČMENE JARNÍHO

MODELLING OF INCREASED CO₂ IMPACT ON SPRING BARLEY YIELD

Trnka, M., Žalud, Z., Šťastná, M.

Mendel University of Agriculture and Forestry, Zemědělská 1, Brno 629 00, Czech Republic

Abstract

Combination of a dynamic crop model CERES-Barley, stochastic weather generator MET&ROLL, GCM (global circulation model) ECHAM 3/T42 and field experiment gave us opportunity to evaluate the spring barley sensitivity to the changed weather conditions in connection with the increasing CO₂ concentration in the locality tested.

Modifications of meteorological parameters were based on the results of projections of Climate change for the Czech Republic using a Global Circulation Model ECHAM3/T42. Climatic, pedological and management data and plant parameters were evaluated at the test station in Domanínek (49°32' N, 16°15' E and altitude 554 m). The variety Orbit was used.

After parametrization of the data the model CERES-Barley was successfully validated in the trial locality in Domanínek. It is clear that the changes in meteorological elements will increase the variability of crop yields grown under stress conditions. Higher temperatures would cause significant decrease in the yields (by about 38%) due to shorter growing period. Changes in the amount and distribution of precipitations, which are expected as a result of climate change, would lead to higher yields (44%), especially when combined with doubled CO₂ concentration.

High sensitivity of spring barley to global radiation is clear especially with regard to the potential yield. In the case of only radiation and CO₂ concentration changes, occurring according to the scenario, the potential yield would increase by 60% in comparison with the present conditions. The negative influence of increased temperatures would cause 35% drop in the yield.

The results presented above show a very complex picture of the barley yield varying with changes in climatic conditions. Its high sensitivity is related to the short growing season. The adaptation is envisaged through new varieties with short vegetation periods rather than through changes in timing of the main tillage operations. The most important weather

elements, which might influence the spring barley production at higher altitudes, include global radiation and extreme air temperatures.

ACKNOWLEDGMENT: This study was supported by the Grant Agency of the Czech Republic project no. 521/99/D040.

1. Úvod

V mnoha oblastech pěstování polních kulturních plodin jsou stále více využívány růstové modely (Mearns *et al.*, 1997, Žalud a Rožnovský, 1998). V této práci byl použit model CERES-Barley (Hogenboom *et al.*, 1994) k posouzení citlivosti produkčního procesu jarního ječmene k případným změnám vybraných meteorologických prvků v podmínkách očekávané změny klimatu.

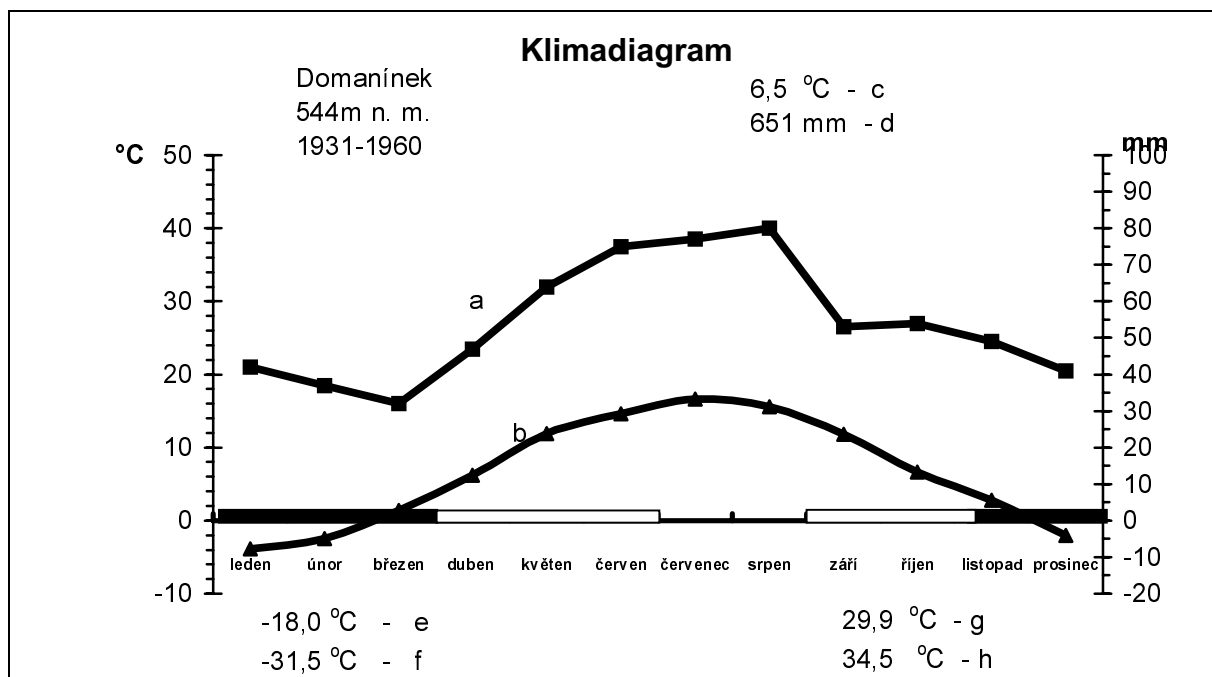
2. Materiál a metoda

Hlavními cíli práce bylo:

- i) Na základě výsledků provedené validace modelu CERES-Barley v období 1985 do 1994 (Trnka, 1999) vybrat reprezentativní ročník pro další analýzu.
- ii) Vytvořit syntetické meteorologické řady stochastickým generátorem Met&Roll (Dubrovský, 1996a,b). Využití měřených a syntetických meteorologických řad jako vstupních údajů pro růstový model CERES-Barley (Dubrovský *et al.*, 2000).
- iii) Posoudit vliv změny základních meteorologických prvků na růst a vývoj jarního ječmene v testované lokalitě.

Pedologická a klimatická charakteristika pokusného místa

Zkušební pozemky se nacházejí v bramborářské oblasti (lokalita Domanínek, 49°32'N, 16°15'E) v nadmořské výšce 544 m. Půdní typ byl stanoven jako typická kambizem - varieta kyselá (morfologický klasifikační systém půd –MKSP, Hraško, *et al.*, 1991), půdní druh hlinitopísčité. Půdním substrátem je pro tuto část Českomoravské vysočiny deluvium svorové ruly.



a-chod průměrných měsíčních úhrň srážek (mm)
b-chod průměrných měsíčních teplot vzduchu (°C)
c-průměrná roční teplota vzduchu (°C)
d-průměrný roční úhrň srážek
e-průměr teplotních minim vzduchu nejchladnějšího měsíce (°C)
f-absolutní minimum teploty vzduchu (°C)

g-průměr teplotních maxim nejteplejšího měsíce (°C)
h-absolutní maximum teploty vzduchu (°C)
i-měsíce s průměrnou denní minimální teplotou vzduchu menší než -0,1 °C (černě vybarvené na ose x)
j-měsíce s absolutní minimální teplotou vzduchu menší než -0,1 °C (zesílené na ose x)

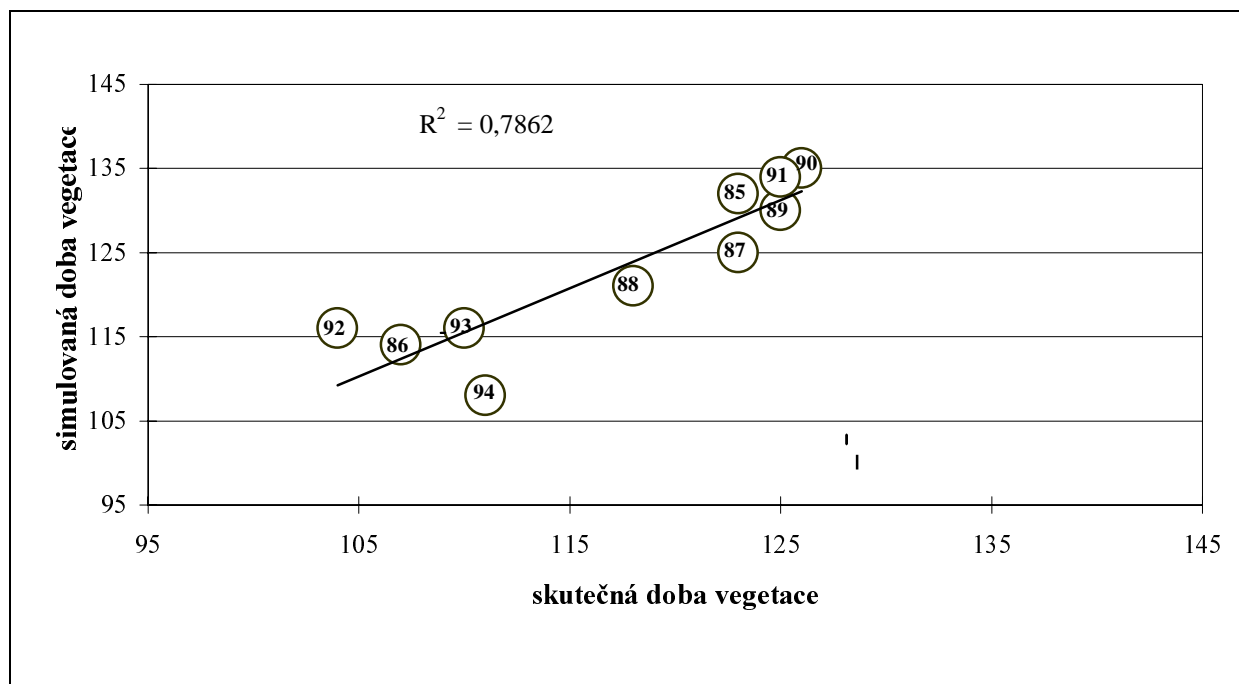
Obr.1: Klimadiagram lokality Domanínek (544 m.n.m., 49° 32 N', 16° 15 E')

Průměrná roční teplota lokality činí 6,5 °C. Zabezpečení polních kultur vodou je ve většině let dostatečné, průměrný roční úhrň srážek dosahuje 651 mm, což je dáno především nadmořskou výškou a zeměpisnou polohou. Chod průměrných měsíčních teplot a průměrných úhrň srážek za normálové období (1931-1960) je zachycen klimadiagramem (obr.1) .

Jako testovanou odrůdu jsme zvolili Orbit, což je nesladovnická, poloraná až polopozdní odrůda nízkého typu vhodná do všech poloh. Zrno je středně velké až menší. K hlavním přednostem patří výnosová stabilita (Pařízek a Jurečka, 1996).

3. Výsledky a diskuse

i) Model CERES-Barley byl úspěšně validován s pomocí experimentálních hodnot doby vegetace (zasetí – fyziologická zralost) a výše výnosu (Trnka, 1999). Jako experimentální data byly použity výsledky odrůdových pokusů s odrůdou Orbit v letech 1985-1994. Pro ilustraci uvádíme výsledky validace doby vegetace (Obr.2.).



Obr 2: Validace doby vegetace. Přímkou je vyznačena lineární regresní závislost mezi dobou vegetace pozorovanou a simulovanou.

Jako typický ročník pro další analýzu byl vybrán rok 1993, kdy jak po stránce agrotechniky, tak i nástupu fenologických fází šlo o průměrný ročník.

ii) Pro každou modifikaci meteorologických prvků a také každou referenční koncentraci CO₂ byla pro stanici Domanínek provedena 99tiletá modelová simulace výnosové řady, z níž pak byly stanoveny vybrané statistické charakteristiky. Změny parametrů generátoru určených z pozorované řady /Domanínek, 1967-1997, rok 1995 byl vynechán (přístroje na meteorologické stanici byly dlouhodobě poškozeny)/ byly provedeny v souladu se scénářem změny klimatu (Nemešová *et al*, 1999) odvozeného z výstupu GCM (General Circulation Model) modelu ECHAM3/T42 (DKRZ, 1992). O metodice využití syntetických řad vytvořených stochastickým generátorem Met&Roll pojednává blíže Dubrovský *et al.*, (2000).

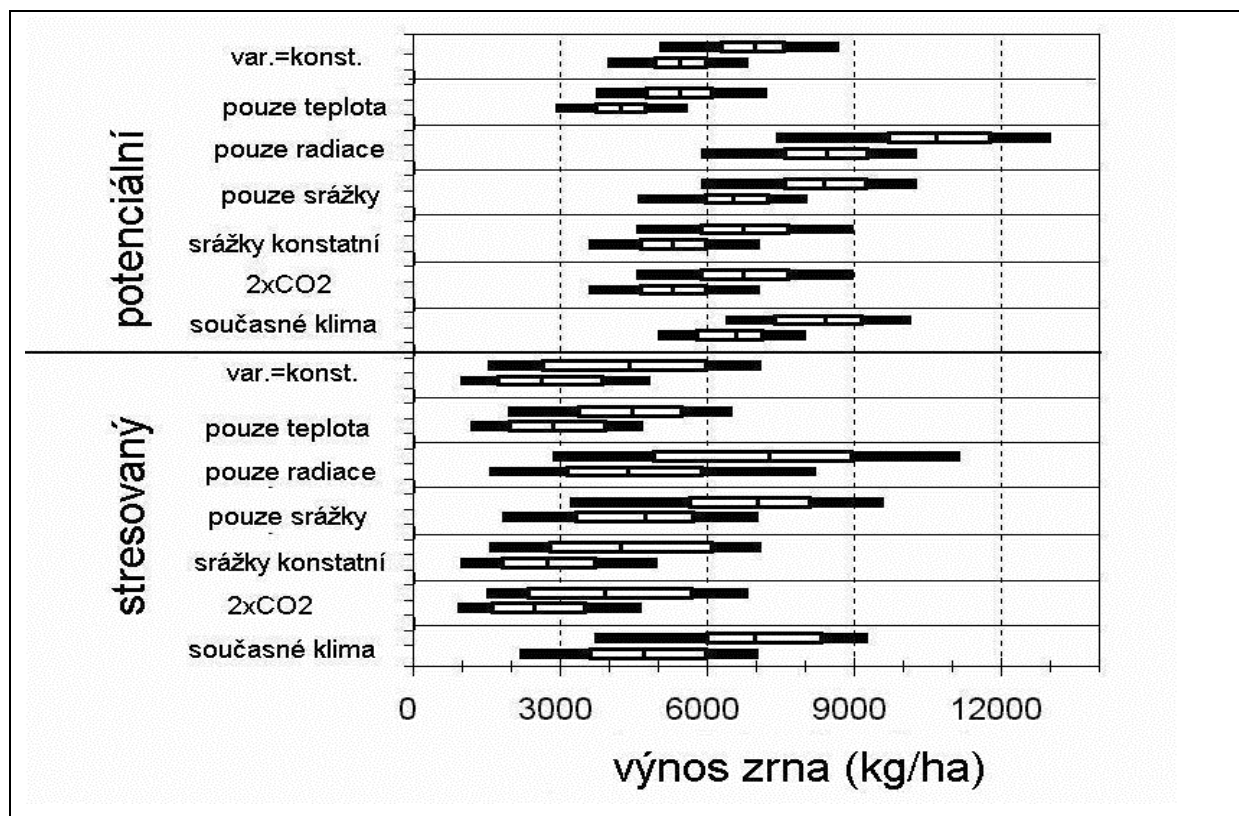
iii) Vliv změn jednotlivých meteorologických prvků a koncentrace CO₂ je prezentován na obr. 3. Jde o souhrn výsledků citlivostní analýzy, která zahrnovala nejen dopady změn jednotlivých faktorů, ale i některých jejich kombinací. Z grafu je především patrné, že změny jednotlivých meteorologických faktorů ve většině případů vedou ke zvýšení variability výnosů. Vzestup teplot vede ke snížení výnosů, což lze vysvětlit zkrácením vegetační doby při vyšších teplotách (Mc Master, 1996; Moot *et al.*, 1996). Zkrácení vegetační doby v konečném

důsledku znamená i méně času na tvorbu biomasy. Pouhá změna teploty (bez zvýšení koncentrace CO₂) by způsobila pokles stresovaného výnosu na sledované lokalitě o 38 % . Je zřejmá vysoká citlivost jarního ječmene na zvýšení teplot a tedy i zkrácení doby vegetace, která nemůže být kompenzována ani optimalizací vodního a dusíkového režimu, což dokazuje obdobný trend potenciálního výnosu.

Pouhá změna srážkových úhrnů v souladu se scénářem změny klimatu by vedla jen k nevýznamnému zvýšení výnosů, přičemž kombinace změny srážek a zvýšené koncentrace oxidu uhličitého by výnos významně zvýšila, a to přibližně o 44 %. Toto zvýšení lze pravděpodobně přičíst vyšší produkční efektivity využití vody rostlinou tzv. WUE (water use efficiency) v podmínkách vyšší koncentrace CO₂, a také tomu, že i přes relativně dobrou zásobení lokality vodou není tento prvek vždy v optimu.

Z analýzy změn potenciálního výnosu lze usoudit na vysokou citlivost jarního ječmene na zvýšení hodnot globální radiace. Ječmen jarní je obilninou, která ve srovnání s ostatními C₃ rostlinami je především ve fenofázi kvetení relativně náročnější na její intenzitu. Např. Mc Master (1996) zavádí do svých modelových simulací produkčního procesu ječmene modul nazvaný „světelný stres“. Tento jev, projevující se především v oblastech s vyšší nadmořskou výškou, může být z pohledu růstu a vývoje ječmene jarního v řadě testovaných variant jedním z rozhodujících faktorů produkčního procesu. Kombinace zvýšené radiace spolu s nárůstem koncentrace CO₂ by zvedla úroveň potenciálního výnosu o více než 60% v porovnání se současností.

Opačně se pak i zde projevuje zvýšení teploty, které sebou nese již zmíněné zkrácení vegetační doby a pokles výnosu až o 35%.



Obr. 3: Výnosy jarního ječmene - analýza citlivosti na změny klimatických charakteristik. Jednotlivé páry pruhů (význam pruhů - viz předchozí obrázek) se vztahují k současné (330 ppm) a dvojnásobné koncentraci CO₂. V dolní polovině jsou zachyceny vodou a živinami limitované výnosy, v horní polovině výnosy potenciální. Scénáře: **současné klima**; **2xCO₂**: modifikace všech faktorů podle scénáře změny klimatu (Dubrovský *et al.*, 2000); **srážky konstatní**: jako „2xCO₂“ jen srážky zůstávají nezměněny; **pouze srážky**: pouze změna srážek; **pouze radiace**: pouze změny charakteristik globální radiace; **pouze teplota**: pouze změny teplotních charakteristik; **var=konst**: jako „2xCO₂“, ale standardní odchylky TMAX, TMIN a SRAD zůstávají nezměněny.

4. Závěr

Porovnání s podobnými pracemi např. (Wolf a Diepen, 1995; Žalud *et al.*, 1999) ukazuje, že na rozdíl od kukuřice (C₄) plodina a pšenice (C₃ozimá plodina) se reakce jarního ječmene (C₃-jarní plodina) ve změněných klimatických podmínkách v některých rysech výrazně liší. Pro naši studovanou lokalitu lze uvést:

- zvýšení teplot povede ke snížení výnosů v důsledku zkrácení vegetační doby,
- zvýšení úhrnů slunečního záření mírně sníží reálné a výrazně zvýší potenciální výnosy,
- změna v rozložení srážek v souladu se scénářem klimatické změny spolu s dvojnásobnou koncentrací CO₂ povede k výraznému zvýšení výnosů.

Veškeré námi dosažené výsledky podporují teorii, že dopady klimatické změny je nutné řešit v závislosti na lokálních podmínkách a při případné generalizaci postupovat nanejvýš obezřetně.

Poděkování: Výsledků bylo dosaženo za podpory Grantové agentury České republiky (projekt číslo: 521/99/D040).

Literatura

DEUTSCHES KLIMARECHENZENTRUM (DKRZ) Modellbetreuungsgruppe. The ECHAM3 atmospheric general circulation model. DKRZ Tech. Report No. 6, ISSN 0940-9237, Deutsches Klimarechenzentrum, Hamburg, Germany, 1992, 184 pp.

DUBROVSKÝ, M. Met&Roll: Stochastický generátor denních klimatických dat pro růstový simulační model. Meteorologické zprávy 1996a., 49, : 97-105

DUBROVSKÝ, M. Validace stochastického generátoru Met&Roll. Meteorologické Zprávy 1996b, 49, 129-138.

DUBROVSKÝ, M., ŽALUD, Z. Application of the weather generator for crop growth simulations in climate change impact studies. ESA International Symposium „Modelling Cropping System“, Lleida Spain, 1999, 169-170.

DUBROVSKÝ, M., ŽALUD, Z., ŠTASTNÁ, M., TRNKA, M., Impact of climate change on crop production potential - Objectives and methodology, XII. Bioklimatologická konference, Košice, 2000 (this volume).

HOOGENBOOM, G., JONES, J.W., WILKENS, P.W., BATCHELOR, W.D., BOWEN, W.T., HUNT, L. A., PICKERING, N.B., SINGH, U., GODWIN, D.C., BEAR, B., BOOTE, K. J., RITCHIE, J.T., WHITE, J.W. Crop models, DSSAT Version 3.0. International Benchmark sites Network for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii. Honolulu: 1994, p.692

HRAŠKO, J., LINKEŠ, V., NĚMEČEK, J., NOVÁK, P., ŠÁLA, R., ŠURINA, B.: Morfogenetický klasifikační systém pod ČSFR. VÚPÚ Bratislava, 1991, druhé vydání, 106 s., ISBN 80-85361-05-1

MCMMASTER, G.S. 1996. Phenology, development, and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: A review. *Advances in Agronomy*, 59:63-118

MEARNS, L.O., ROSENZWEIG, C., GOLDBERG, R. Mean and variance change in climate scenarios: methods, agricultural applications, and measures of uncertainty. 1997, *Climatic Change* 35, 367-396.

MOOT, D.J., HENDERSON, A.L., PORTER, J.R., SEMENOV, M.A. Temperature, CO₂ and the growth and development of wheat: changes in the mean and variability of growing conditions. 1996, *Climatic Change* 33: 350-368.

NEMEŠOVÁ, I KALVOVÁ, J., DUBROVSKÝ, M. Climate change projections based on GCM-simulated daily data. 1999, *Studia Geophysica et Geodaetica* 43:201-222.

PAŘÍZEK, P.; JUREČKA, D. Přehled odrůd jarního ječmene 1996. Vyd. 1. Brno: ÚKZÚZ

Brno. 1996. ISBN: 80-900736-6-2.

TRNKA, M.: Dopady možné klimatické změny na produkci jarního ječmene, MZLU v Brně, DP,1999 p.58.

WOLF, J., DIEPEN, C. A. van, 1995.: Effects of Climate Change on grain maize yield potential in the European Community. Climate Change, Vol. 29, No. 3,

ŽALUD, Z., DUBROVSKÝ, M., ŠŤASTNÁ, M. Modelling climate change impacts on maize and wheat growth and development, ESA International Symposium „Modelling Cropping System“, Lleida Spain, 1999, 277-278.

ŽALUD, Z., ROŽNOVSKÝ, J.,: Parametrizing and verification of the MACROS model for maize, 1998, Rostlinná výroba No.11: 509-515.

Ing. Miroslav Trnka

Dr. Ing. Zdeněk Žalud

Dr. Ing. Milada Šťastná

Ústav krajinné ekologie

Zemědělská 1

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita

CZ - 613 00 Brno

mtrnka@mendelu.cz