

TECHNOLÓGIE ZAVLAŽOVANIA – ZMIERŇOVACIE OPATRENIE VOČI DÔSLEDKOM ZMENY KLÍMY

Ján Hríbik – Jozef Takáč

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, hribik@vupu.sk; takac@vupu.sk

Abstract:

Evaluation of the climate change impacts as well as mitigation measures on potato growing was based on the Daisy model simulations. Effect of gradual increase of CO₂ concentration was taken into account and included into model parametrisation. Simulations were carried out using daily values of global radiation, air temperature and precipitation for the reference period 1961 – 1990 from the meteorological station Hurbanovo considered to be representative for the Danubian Lowland region. Emission scenarios SRES A2 and SRES B2 were applied for the climate change scenarios. Meteorological data were generated according to the general circulation model CCCM 2000 for the period 2001 – 2100. Rainfed, sprinkler irrigation and fertigation variants were simulated. Simulation results showed interactive effect of considered factors on yields. Simulated yields were influenced first of all by CO₂ concentration defined by emissions and climate change scenarios. According to the simulation results the soil water content was the main limiting factor of the potato yields.

Technical measure for example irrigation is available practise how to manage soil water regime of water-soil-plant system. The aim is to decrease deficit in crop water requirement of growing plant as well as to play a role of yield stabilization. Irrigation has to become an integral part of potato growing technologies in the areas of Danube Lowland. According the considered scenarios the irrigation needs will be increased as a gradual increase in the crop water requirements. Irrigation amounts will increase by 52 – 108 % depending on scenarios and irrigation system. Microirrigation technology application can satisfy higher crop water requirement at high quality and can bring water-saving and soil-protecting effects. Sophisticated drip irrigation brings high efficiency of irrigation water use, soil protection and synergic effects of fertilizer and nutrients.

Keywords: climate change impact, modeling, microirrigation, fertigation, potato

ÚVOD

Vodným aspektom selektované dôsledky klimatickej zmeny na hodnotenie biologických procesov v krajine môžu mať nasledovné charakteristiky:

- vyššia početnosť suchých období v trvaní 1 mesiac a viac vo vegetačnom období a vyššia intenzita dažďov
- zvýšenie priemerných teplôt vzduchu a hodnôt evapotranspirácie
- pokles integrálneho obsahu vody v pôdnom profile 0,0 – 1,0 m

- mierny rast celkovej vlhovej potreby plodín a tým aj mierny rast závlhovej potreby
- regionálne disproporcie disponibilných zdrojov závlhovej vody
- výsledné ohrozenie produkčného potenciálu poľnohospodársky využívaných pôd

Adaptačné a zmierňovacie opatrenia voči uvedeným „vodným“ charakteristikám dôsledkov klimatickej zmeny budú mať spoločnú stratégiu a ciele. Pôjde o lepšie hospodárenie s vodnými a pôdnymi zdrojmi, najlepšie využívaním nástrojov

integrovaného manažmentu oboch prírodných zdrojov.

Taktické kroky k dosiahnutiu cieľa môžu mať niekoľko odlišností. Hospodárenie s vodou v biologických procesoch v poľnohospodársky využívanej krajine je v tomto prípade posudzované z pohľadu podpory komoditnej funkcionality poľnohospodárstva. Môže teda ísť napríklad o opatrenia:

- biologické - genetická selekcia suchovzdorných odrôd
- hydrologické - zvyšovanie obsahu vody v pôde využívaním technických nástrojov regulácie vodného režimu pôd
- pedologické – zvyšovanie obsahu organickej hmoty v pôde a tým zvyšovanie retenčnej schopnosti
- environmentálne – zasakovanie, hospodárenie s dažďovými vodami, recyklácia vody a pod.

Opatrením s najvyššou efektívnosťou, ale aj technicky najnáročnejšou je technické opatrenie, ktorým sú hydromelioračné, v tomto prípade závlahové zariadenia. Ak posudzujeme kvalitu závlahových technológií efektívnosťou procesu, teda stupňom využitia závlahovej vody, na najvyššej priečke sú mikrozávlahové technológie a z nich menovite kvapková závlaha.

Pri simulačnom modelovaní uplynulého 30-ročného a budúceho 100-ročného radu rokov bola v simuláciách pestovania zemiakov na Podunajskej nížine uvažovaná konvenčná závlaha postrekom a kvapková závlaha s fertigačnou modifikáciou

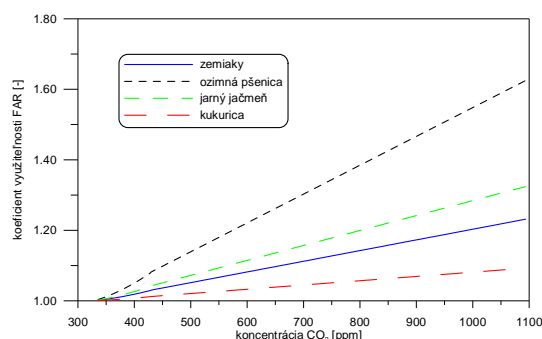
Prakticky jedinou komplexnou možnosťou ako stanoviť reakciu plodín na zmenu koncentrácie CO₂ v atmosfére a klimatických podmienok bez realizácie nákladných pokusov je využitie simulačných modelov. Matematické modelovanie umožňuje v ľubovoľných časových radoch získavať kontinuálny rad kvantitatívnych údajov, dovoľuje vykonávať experimenty,

ktoré sa v prírodných podmienkach nedajú uskutočniť a dáva tak možnosť získať informácie o javoch a procesoch prebiehajúcich v agroekosystéme. Simulačné modely sú cenným nástrojom pre hodnotenie vplyvu rozličných spôsobov hospodárenia na úrody a životné prostredie. V zahraničí sa niektoré modely simulujúce rastlinnú produkciu a jej vplyv na prírodné prostredie účinne využívajú aj pri regulačných politických rozhodnutiach a v legislatívnom procese.

MATERIÁL A METÓDY

Hodnotenie dôsledkov klimatickej zmeny a zmierňovacích opatrení pri pestovaní zemiakov bolo založené na numerických simuláciách agroekologickým modelom DAISY. DAISY je jednorozmerný model agroekosystému, ktorý na základe informácie o spôsobe hospodárenia a údajov o počasí simuluje rast plodiny, vodný režim, tepelný režim, bilanciu organickej hmoty a dynamiku dusíka v poľnohospodárskych pôdach (Hansen et al., 1990, Abrahamsen a Hansen, 2000). Plodinové moduly modelu DAISY boli pre slovenské podmienky kalibrované na základe experimentálnych údajov v rámci niekoľkých projektov (Takáč a Košč, 1995, Heidmann et al., 2008).

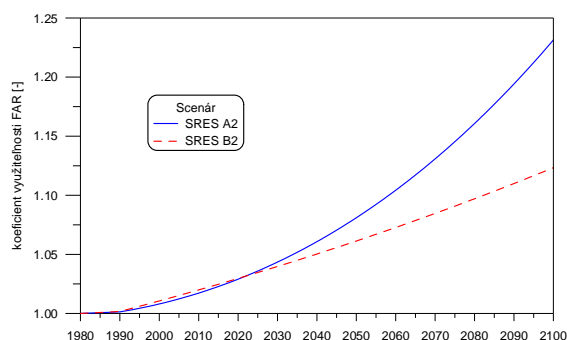
Pre scenáre zmeny klímy bol do parametrizácie modelu zabudovaný aj postupný nárast koncentrácie CO₂ v atmosfére prostredníctvom hodnôt maximálnej rýchlosti fotosyntézy pri svetelnom nasýtení F_m [g CO₂.m⁻².h⁻¹] a počiatočnej účinnosti využitia svetla ϵ [(g CO₂.m⁻².h⁻¹)/(W.m²)]. Podľa predpokladanej koncentrácie CO₂ v atmosfére boli vypočítané koeficienty využitia žiarenia, resp. odozvy zvýšenej koncentrácie CO₂ na fotosyntézu. Na základe zmien koncentrácie CO₂ je možné zostrojiť krivky potenciálneho vplyvu CO₂ na produkciu biomasy poľných plodín (obr. 1 a 2).



Obr. 1 Zmena koeficientov využitia fotosynteticky aktívneho žiarenia vybraných plodín v závislosti od zmeny koncentrácie CO₂ v atmosfére

Numerické simulácie modelom DAISY boli vykonané pre referenčné obdobie 1961 – 1990 a pre obdobie 2001 – 2100 s využitím emisných scenárov klimatickej zmeny SRES A2 a B2 (Melo, 2004) podľa výstupov modelu všeobecnej cirkulácie atmosféry CCCM 2000. Pre numerické simulácie boli využité rady denných hodnôt globálneho žiarenia, teploty vzduchu a atmosférických zrážok z meteorologickej stanice Hurbanovo, ktorá je všeobecne považovaná za reprezentatívnu pre oblasť Podunajskej nížiny. Pre simulácie podľa oboch emisných scenárov boli vytvorené rady denných hodnôt globálneho žiarenia, teploty vzduchu a atmosférických zrážok pre obdobie 2001 – 2100 (Lapin a kol., 2005).

Plodiny boli usporiadané do osevných postupov s rôznymi variantmi hnojenia a závlahy. Zemiaky boli zaradené v osevnom postupe po pšenici ozimnej. V simuláciách so závlahou postrekom boli závlahové dávky aplikované v automatickom závlahovom režime pri poklese zásoby pôdnej vody v koreňovej zóne plodiny pod 50 % využiteľnej vodnej kapacity. Frekvencia aplikácie závlahovej dávky bola limitovaná intervalom 7 dní. Tento reštrikčný predpoklad bol zvolený preto, lebo v budúcnosti v súvislosti so zmenou klímy sa očakáva obmedzenie



Obr. 2 Koeficienty využitia fotosynteticky aktívneho žiarenia pre zemiaky podľa scenárov SRES A2 a B2 do roku 2100 (Takáč a Šiška, 2008)

zdrojov vody pre závlahu. V simuláciách s fertigáciou zemiakov boli závlahové dávky aplikované pri poklese vodného potenciálu v hĺbke 30 cm pod -1000 cm s povoleným intervalom zavlažovania 2 dni a prihnojenie bolo aplikované pri poklese zásob anorganického dusíka v hĺbke do 30 cm pod 25 kg N/ha.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Úrody poľných plodín v Podunajskej nížine sú v súčasnosti priaznivo ovplyvňované produkčným potenciálom pôd a klimatickými činiteľmi (teplota, slnečný svit), limitované sú dostatkom vody zo zrážok. Zrážkové úhrny sú nepostačujúce na pokrytie vlhovej potreby plodín, suchom trpia hlavne plodiny s vegetačným obdobím v letných mesiacoch ako sú kukurica, cukrová repa alebo poloneskoré a neskoré zemiaky. Doplnková závlaha je v južných regiónoch Slovenska aj v súčasnosti nevyhnutným prvkom pestovateľskej technológie. V období 1961-1990 v jednotlivých rokoch závlahová potreba zemiakov na Podunajskej nížine kolísala od 60 do 260 mm. Pri závlaha postrekom bol priemer 184 mm a pri kvapkovej závlaha 132 mm. Simulovaná úroda hlíz bola na zavlažovanej pôde takmer

trojnásobná v porovnaní s nezavlažovanou pôdou.

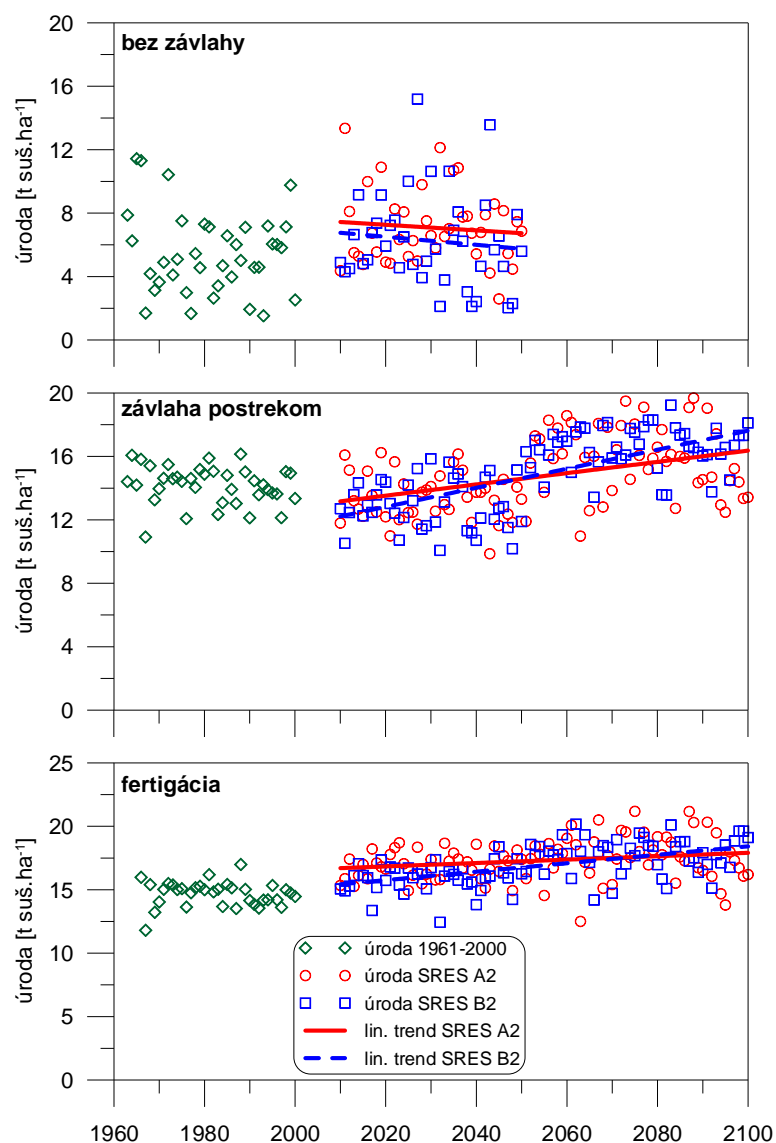
Do diskusie nad výsledkami simulačných modelov môžu vstupovať konkrétne výsledky poľných experimentov, vykonávaných na pracovisku. Napr. výpovednú hodnotu do oblasti diskusie nad analýzou trendov vývoja potreby vody vo vzťahu k produkcii majú výsledky experimentov.

Súhrnné porovnanie účinkov kvapkovej závlahy a závlahy postrekom, získaných v roku 2002 v poľných experimentoch, podľa simulácií analogickej metodiky je zhrnuté nasledovne:

- Závlaha postrekom, spotreba závlahovej vody 120 mm, úrody 44 až 45 t.ha⁻¹
- Kvapková závlaha, spotreba vody 60 mm, úrody 57 až 65 t.ha⁻¹
- Spolu: kvapková závlaha usporí 50% vody a zvýši úrodu o 26-47 % v porovnaní s postrekom

Výsledky simulácií preukázali, že pôsobenie jednotlivých uvažovaných faktorov na úrody je interaktívne. Vypočítané úrody podľa scenárov boli primárne de-

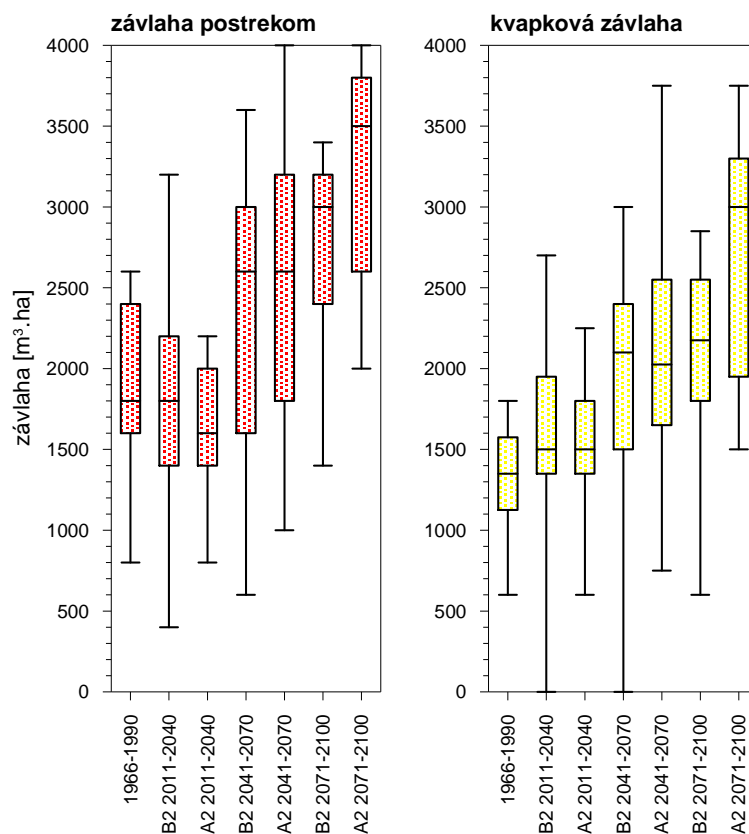
terminované koncentráciou CO₂ v atmosfére. Fertilizačný účinok atmosférického CO₂ na úrody zemiakov sa prejaví pozitívne hlavne na zavlažovanej pôde (obr. 3). Na druhej strane, nedostatok vody bude aj naďalej limitujúcim faktorom optimalizácie úrod. V dôsledku zvýšenej spotreby vody na výpar a v dôsledku zvýšených požiadaviek na transpiráciu fertilizačným účinkom CO₂ podporovanému rastu biomasy i napriek väčšej účinnosti využitia vody rastlinou vďaka vyššej koncentrácii CO₂ v atmosfére bude podľa výsledkov simulácií rásť potreba závlahovej vody (tab. 1). K najvyššiemu uvažovanému časovému horizontu bude potrebné podľa scenára SRES A2 o 81 % viac vody pre závlahu postrekom, resp. o viac ako 100 % vody pre kvapkovú závlahu ako v období 1961 - 1990. Podľa miernejšieho scenára SRES B2 to bude viac o 52 %, resp. o 61 %. Zvýši sa aj variabilita závlahovej potreby zemiakov (obr. 4). Produkčná účinnosť závlahy do časového horizontu roku 2050 poklesne asi o 1,3 kg sušiny hl'úz zemiakov na 1 m³ dodanej závlahovej vody. Je to dôsledok zvýšeného výparu.



Obr. 3 Simulované úrody sušiny hl'úz zemiakov [t.ha⁻¹] v období 1961 – 2000 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a B2.

Tab. 1 Priemerná simulovaná potreba vody na zavlažovanie zemiakov [m³.ha⁻¹] v období 1961 – 1990 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a B2.

Obdobie/scenár	Závlaha postrekom		Kvapková závlaha	
	SRES A2	SRES B2	SRES A2	SRES B2
1961-1990	1840		1323	
2011-2040	1667	1820	1555	1582
2041-2070	2567	2380	2160	1925
2071-2100	3327	2807	2755	2130



Obr. 4 Základné štatistické charakteristiky potreba vody na zavlažovanie zemiakov [m³.ha⁻¹] v období 1961 – 1990 a podľa scenárov zmeny klímy SRES A2 a B2.

ZÁVER

Hodnotenie dôsledkov klimatickej zmeny a zmierňovacích opatrení pri pestovaní zemiakov bolo založené na numerických simuláciách agroekologickým modelom DAISY. Numerické simulácie modelom DAISY boli vykonané s radmi denných hodnôt globálneho žiarenia, teploty vzduchu a atmosférických zrážok z Hurbanova pre referenčné obdobie 1961 – 1990 a pre emisné scenáre klimatickej zmeny SRES A2 a B2 pre obdobie 2001 – 2100 podľa výstupov modelu všeobecnej cirkulácie atmosféry CCCM 2000 vo variantoch bez závlahy, so závlahou postrekom a kvapkovou závlahou s fertigáciou. Výsledky simulácií preukázali, že pôsobenie jednotlivých uvažovaných faktorov na úrody je interaktívne. Vypočítané úrody podľa scenárov boli primárne determinované koncentráciou CO₂ v atmosfére. Podľa výsledkov simulácií nedostatok vody bol limitujúcim faktorom úrod.

A závlaha tak bude nevyhnutným predpokladom pestovania zemiakov na Podunajskej nížine. Postupne s rastúcou vlhkovou potrebou bude podľa obidvoch scenárov rásť aj potreba zavlažovania. K najvyššiemu uvažovanému časovému horizontu to bude o 52 – 108 % v závislosti od scenára a použitej závlahovej metódy.

Je dôvodné predpokladať, že najefektívnejším opatrením na zmierňovanie dôsledkov klimatickej zmeny na vodné aspekty biologických procesov v krajine, budú náročné technické opatrenia. Na reguláciu vodného režimu pôd v zmysle podpory komoditných funkcií biologických procesov v poľnohospodársky využívannej krajine to bude ďalšia exploatacia hydromelioračných zariadení, menovite závlahových zariadení v rámci existujúcich sústav. Mikrozávlahové technológie, najmä kvapková závlaha a jej modifikácie, zaradené do systému presného poľnohospodárstva na princípoch Variable Rate Irrigation, budú spĺňať ras-

túce kritériá na pôdochranné a vodoúsporné aspekty ich aplikácie v budúcnosti.

LITERATÚRA

- [1] ABRAHAMSEN, P., HANSEN, S., 2000. Daisy: An Open Soil – Plant - Atmosphere System Model. *Environmental Modelling & Software*, 15. 313-330.
- [2] HANSEN, S., JENSEN, H. E., NIELSEN, N. E., SVENDSEN, H. 1990. DAISY – A Soil Plant System Model. Danish simulation model for transformation and transport of energy and matter in the soil-plant-atmosphere system. National Agency for Environmental Protection, Copenhagen, 272 p. ISBN 87-503-8790-1.
- [3] HEIDMANN, T., TOFTENG, C., ABRAHAMSEN, P., PLAUBORG, F., HANSEN, S., BATTILANI, A., COUTINHO, J., DOLEŽAL, F., MAZURCZYK, W., RIUZ, J. D. R., TAKÁČ, J., VACEK, J. 2008. Calibration Procedure for a Potato Crop Growth Model Using Information from across Europe. *Ecol. Model.* 211, 2008, 209-223.
- [4] LAPIN, M. a kol., 2005. Spracovanie regionálnych scenárov klimatickej zmeny a metodické postupy pre ich aplikáciu. In: TAKÁČ, J., LAPIN, M., ŠIŠKA, B., VALŠÍKOVÁ, M., 2005. Očakávané dôsledky klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo a adaptačné opatrenia zahrňujúce technológie pestovania plodín, riadenie poľnohospodárskej výroby a reguláciu vodného a energetického režimu. Úloha štátneho programu výskumu a vývoja Aktuálne otázky rozvoja spoločnosti. Záverečná správa za ČÚ 01. Hydromeliorácie, š. p., Bratislava, 20-41.
- [5] MELO, M. 2004. Teplota vzduchu, atmosferické zrážky a merná vlhkosť vzduchu v Hurbanove podľa pôvodných emisných scenárov „IS92a“ a nových emisných scenárov „A2-SRES“ A „B2-SRES“ In „Zmeny podnebia – extrémny počasie – organizmy a ekosystémy“ [CD-ROM]. Viničky (Bioklimatologické pracovné dni 2004)
- [6] TAKÁČ, J. 2001. Dôsledky zmeny klímy na bilanciu vody v poľnohospodárskej krajine. NKP SR, 2001, zv. 10, Bratislava, s. 16-26.
- [7] TAKÁČ, J., KOŠČ, V. 1995. Nenasýtená zóna a poľnohospodárstvo. Záverečná správa za podporný projekt k projektu PHARE/EC/WAT/1 Danubian Lowland Ground Water Model. Bratislava : VÚZH, 1995. 64 s.
- [8] TAKÁČ, J., ŠIŠKA, B. 2008. Climate Change Impact on Spring Barley and Winter Wheat Yields on Danubian Lowland. In: Střelcová, K. et al. (eds): Extreme Events and Natural Hazards. Springer Verlag (in print)