

Modelovanie vplyvu zvýšenej koncentrácie CO₂ na úrody kukurice siatej (*Zea mays* L.) na Východoslovenskej nížine

Modeling of climate change impact on maize (*Zea mays* L.) yields
in East Slovakian lowland

P. SAMUHEL⁽¹⁾, B. ŠIŠKA⁽¹⁾, D. KOTOROVÁ⁽²⁾ and A. HNÁT⁽²⁾

⁽¹⁾ Department of Biometeorology and Hydrology, Slovak Agricultural University in Nitra, Hospodárska 7, 949 01 Nitra, Slovak Republic (e-mail: sinuhed@centrum.sk, bernard.siska@uniag.sk)

⁽²⁾ Local agroecology research institute, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, Slovak Republic (e-mail: kotorova@minet.sk)

Abstract Results of modeling of climate change impacts on maize yield by dynamic crop model CERES –Maize in condition of East-slovakian lowland is presented in the paper. The field trial with maize cultivar DK 440 (FAO 310) in locality Milhostov was used to validate the model during years 2001-2004. Meteo-data for condition of 1,5xCO₂ climate were generated according to general circulation model CCCM2000 (Melo et al., 2001). Simulations for periods of years 2005 – 2050 was made using two emission scenarios SRES-B2 and SRES-A2. Increase of air temperature will affect duration of vegetative period of maize and consequently decrease income of solar radiation. Effect of sowing date shift derived from onset of mean air temperatures 10 and 12°C in condition of changing climate were analyzed as an adaptive measure. The maize production of grain yield will decrease in condition of changing climate in all evaluated variants

Key words: CERES- Maize, CCCM2000, climate change, SRES A2, B2

Úvod

Modelovanie atmosférických vlastností v zmenených podmienkach koncentrácie skleníkového aktívneho plynu definovaných emisnými scenármi umožňuje posúdiť dôsledky týchto zmien na produkčný potenciál rastlín. Pre klimatické podmienky Slovenska sú dostupné niektoré z výstupov modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry (CCCM, GISS). V tejto práci bol aplikovaný model CCCM2000 (Lapin, Damborská, Melo, 2001). Výsledky modelovania dôsledkov klimatickej zmeny umožňujú produkčné modely a v podmienkach SR sa najčastejšie vzťahujú k produkčnému potenciálu obilnín pestovaných najmä na Podunajskej nížine (Šiška, Mališ, 1997, Šiška, 1997, 1999, Takáč, 2001, Šiška, Takáč, Igaz 2005, Samuhel, Šiška, 2007). Táto práca sa zaoberá posúdením vplyvu klimatickej zmeny na produkčný

proces kukurice siatej (*Zea mays* L.) v podmienkach Východoslovenskej nížiny. Jednotlivé simulácie boli realizované programom DSSAT 4, ktorého súčasťou je podprogram CERES –Maize.

Cieľom príspevku bolo v prvom kroku vhodne validovať model. Ako kritérium bolo zvolené okrem výšky hospodárskych úrod aj úrody biomasy a trvanie vegetačného obdobia.

V ďalšom kroku boli vykonané simulácie pomocou parametrizovaného modelu až do roku 2050. Simulácie boli vykonané vo variante so započítaním efektu zvýšenej koncentrácie CO₂ na fotosyntézu a vo variante s uplatnením tzv. aklimačného efektu (bez vplyvu zvýšenej koncentrácie CO₂ na fotosyntézu). Ako možné adaptačné opatrenie k zmierneniu dôsledkov klimatickej zmeny na úrody kukurice bol hodnotený vplyv termínu výsevu - podľa nástupu dní s priemernou dennou teplotou vzduchu 10 °C resp. 12 °C.

Materiál a metódy

Experimentálna plocha

Experimentálne pracovisko SCPV – VÚRV – OA Michalovce v Milhostove patrí do centrálnej časti Východoslovenskej nížiny. Nachádza sa severozápadne v blízkosti okresného mesta Trebišov. Nadmorská výška záujmového územia je 101 m. Lokalita sa vyznačuje kontinentálnym rázom podnebia. Východoslovenská nížina (VSN) geneticky predstavuje najsevernejšiu časť rozsiahlej intrakarpatskej tektonickej depresie Východoslovenskej panvy. Na juhu je ohraničená horskou Matransko-slanskou oblasťou, na severe Nízkymi Beskydami a Vihorlatsko-gutinskou oblasťou, na východe štátnou hranicou s Ukrajinou a na juhu s Maďarskom. Rozprestiera sa na ploche 2638 km². Z geografického hľadiska je územie Východoslovenskej nížiny prevažne nížinné a rovinaté. Rovinný stupeň dosahuje v laboreckom výbežku pri Strážskom nadmorskú výšku približne 130 m n. m. Na väčšine územia je nadmorská výška 100 až 120 m n. m..

Celé územie VSN patrí do samostatného agro-klimatického regiónu 03 s názvom: teplý, veľmi suchý, nížinný, kontinentálny. Za špecifické znaky VSN sa považujú:

- suma teplôt vzduchu nad 10 °C = 3160 - 2800 °C
- počet dní s teplotou vzduchu nad 5°C = 232 (na Podunajskej rovine 242)
- priemerné teploty vzduchu v januári = -3 až -4 °C (na Podunajskej rovine len -1 až -2 °C)

VSN je nížinná intramontánna oblasť mierneho pásma s najväčšou kontinentalitou podnebia na Slovensku.

Klimatické charakteristiky sa prevzali z pracoviska SHMÚ v Milhostove. Na základe získaných údajov je priemerná ročná teplota vzduchu v oblasti pokusného stanovišťa 8,9 °C, pričom priemerné mesačné teploty sú uvedené v tabuľke.

Tab. 1: Priemerné mesačné teploty vzduchu v °C za obdobie 1951 - 1980

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	IV.-IX.
-3,3	-1,0	3,5	9,7	14,6	18,2	19,6	18,9	14,8	9,1	4,0	-0,7	8,9	16,0

Veľké vegetačné obdobie, ktoré je charakterizované trvaním teplôt vyšších ako 5 °C začína 24. 3. a končí 10. 11., za 232 dní a zodpovedá sume teplôt 3343 °C.

Hlavné vegetačné obdobie s trvaním teplôt vyšších ako 10 °C v Milhostove začína 17.4. a končí za 178 dní 11.10., pričom teplotná suma dosahuje 2944 °C.

Letné obdobie trvá v priemere 123 dní, od 17.5. do 16.9..

Priemerný ročný úhrn zrážok v Milhostove predstavuje 559 mm. Priemerné zrážky podľa mesiacov sú uvedené v nasledovnej tabuľke.

Tab. 2: Priemerné mesačné úhrny zrážok a úhrny letného polroku (LP) zrážok v mm za obdobie 1951 - 1980

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	IV.-IX.
32	28	27	39	53	78	76	63	41	39	43	41	559	348

Ročný chod sa vyznačuje hlavným maximom v júni (78 mm), minimum pripadá na marec (27 mm). Takýto ročný chod zrážkových úhrnov zodpovedá pevninskému typu miernych zemepisných šírok. V letnom polroku spadne v priemere 348 mm t.j. 62,3 % ročného zrážkového úhrnu.

Prvý deň so snežením pripadá na 21.11., posledný deň na 29.3. Charakteristiky prvého a posledného dňa so snehovou prikrývkou sú 1. december resp. 8. marec a priemerný počet dní so snehovou prikrývkou je 52,1, pričom priemerná výška snehovej prikrývky predstavuje 24 cm.

Premenlivosť zrážok na VSN je veľká, pričom je príznačná nerovnomernosť ich rozdelenia. Maximum zrážok je počas vegetácie, tie sú však charakterizované zrážkami privalovej povahy s vysokou intenzitou (napr. 33,3 – 53 mm.deň⁻¹), ktoré striedajú dlhotrvajúce obdobia sucha. Vo vegetačnom období pri vysokých teplotách je zároveň aj veľký výpar, čo v niektorých rokoch

spôsobuje nedostatok vlhky pre vegetáciu. Ak odrátame zrážky od potenciálneho výparu, po celý rok má VSN nedostatok vlhky zo zrážok asi 100 - 180 mm. Počas teplého polroka je v prevažnej časti nížiny nedostatok vlhky od 220 do 270 mm.

Veľmi rozdielne sú aj úhrny zrážok v jednotlivých rokoch, čo svedčí o veľkých rozdieloch medzi extrémnymi a minimálnymi hodnotami (Balla, 2005).

Pôdne podmienky

Na záujmovej lokalite Milhostov prevažujú fluvizeme glejové (FM_G). Tieto patria medzi pôdy ťažké, ílovito-hlinité, s priemerným obsahom zŕn I. kategórie 53 % (podľa Novákovej klasifikačnej stupnice). Tieto pôdy vznikli v dôsledku dlhodobého pôsobenia podzemnej a povrchovej vody, najmä na ťažkých aluviálnych sedimentoch. Ornica je hrudkovitej štruktúry s vysokou pútačou schopnosťou, ťažko priepustná v celom profile. V hĺbke 0,7 – 0,8 m sa nachádza tmavosivý až žltosivý íl. Ich agronomické vlastnosti sú významne ovplyvňované vysokým obsahom ílovitých častíc.

Tab.3: Charakteristika fluvizeme glejovej v lokalite Milhostov podľa zrnitostného zloženia

priemer zŕn I. kategórie [mm]	[%]
< 0,001 kolidný íl	29,22
0,001 – 0,01 prach	24,58
0,01 – 0,05 práškový piesok	30,19
0,05 – 0,25 jemný piesok	14,05
0,25 – 2,0 piesok	1,96
obsah zŕn I. kategórie	53,80
pôdny druh (podľa Nováka)	ílovito-hlinitá pôda

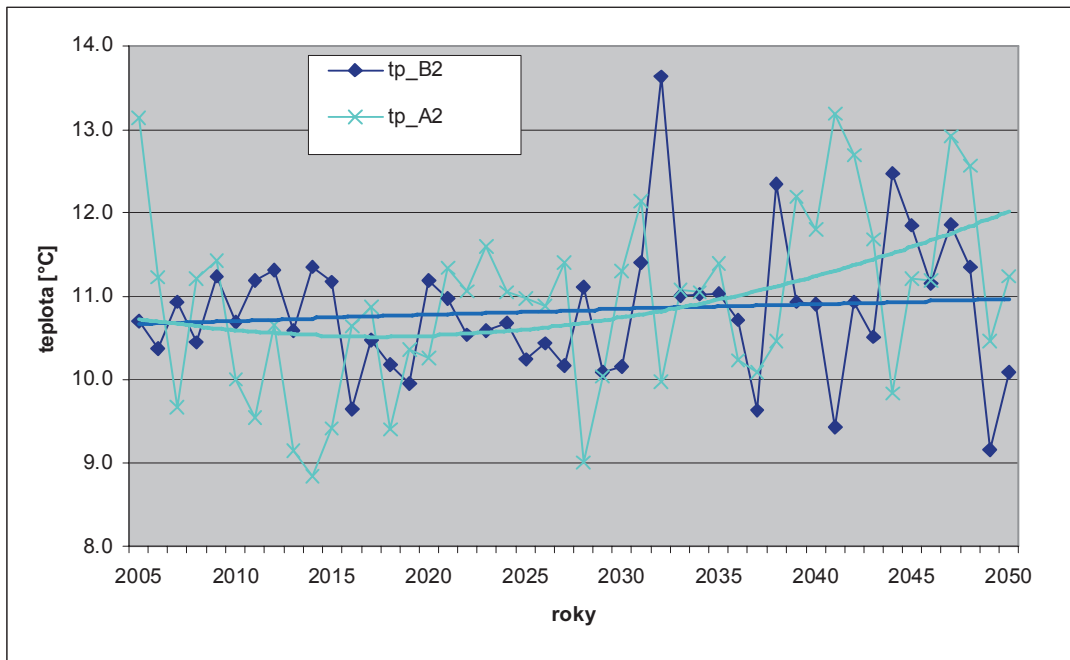
Hodnoty základných fyzikálnych vlastností skúmaného pôdneho prostredia sa pohybujú v nasledujúcom rozmedzí: merná hmotnosť 2 600 – 2 630 $kg.m^{-3}$, objemová hmotnosť 1 430 – 1 580 $kg.m^{-3}$, pórovitosť je vo všetkých sledovaných profiloch pod kritickou hodnotou (45,0 – 40,0 %).

Hydrofyzikálne charakteristiky pôdneho prostredia sú v súlade s fyzikálnymi vlastnosťami. Najstabilnejšou vlastnosťou je bod vädnutia, ktorého hodnoty sa pohybujú v rozmedzí 19,0 – 22,6 %. Hodnoty poľnej vodnej kapacity, vyjadrenej ako maximálna kapilárna vodná kapacita sa v pôdnom profile pohybujú v rozpätí 33,5 – 37,2 % a hodnoty využiteľnej vodnej kapacity 13,0 – 14,7 %.

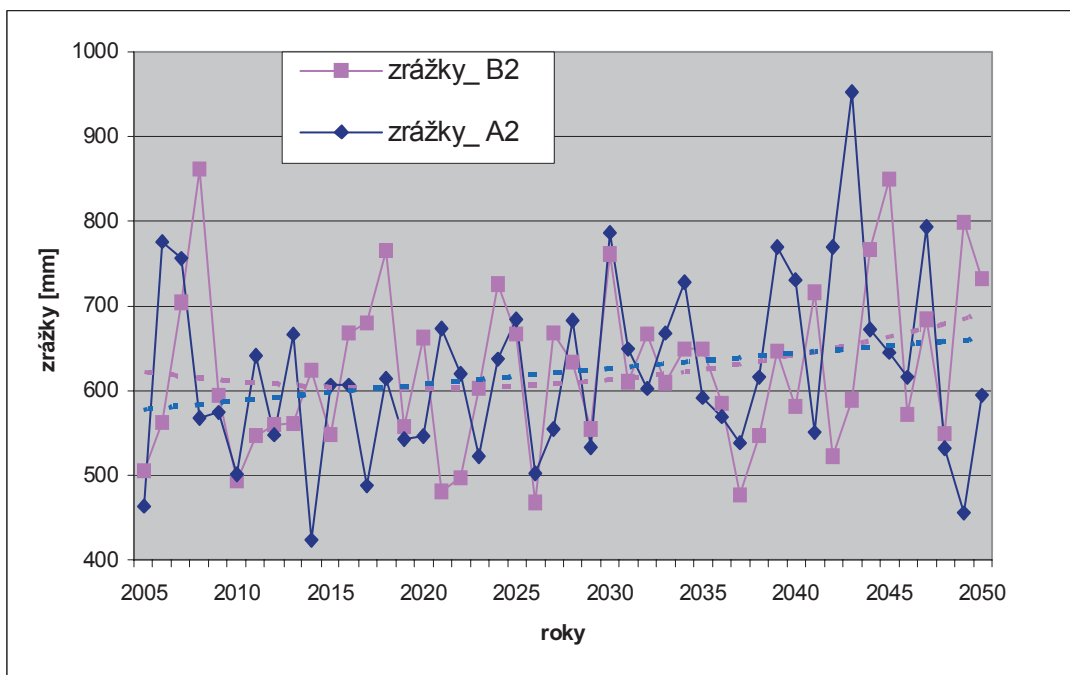
Základné chemické vlastnosti ornice pokusného stanovišťa sú nasledovné: stredná zásoba prístupného fosforu (priemerne 47 $mg.kg^{-1}$) a prístupného draslíka (priemerne 196 $mg.kg^{-1}$), vysoká zásoba výmenného vápnika (priemerne 5 434 $mg.kg^{-1}$), veľmi vysoká zásoba prístupného horčíka (priemerne 557 $mg.kg^{-1}$), výmenná pôdna reakcia (pH/KCl) je slabo kyslá až neutrálna (5,8 – 6,6), obsah humusu v strednej až dobrej zásobe (2,3 – 3,5 %), typ humusu je humátovo-fulvátový až fulvát-humátový so vzájomným pomerom humínových kyselín k fulvokyselinám 0,6 – 1,2, kationová sorpčná kapacita je 330 – 410 $mval.1000 g^{-1}$ (Kotorová et.al.,2005)

Scenáre klimatickej zmeny

Ako vstupy do modelu boli použité aj modifikované scenáre pre Hurbanovo podľa CCCM 2000 (Lapin, Damborská, Melo, 2001). Jedná sa o emisné scenáre A2 a B2, s ktorými sa najviac počíta pri predpokladanej klimatickej zmene na Slovensku.



Obr. 1 Modifikovaný scenár priemernej ročnej teploty vzduchu v °C pre lokalitu Milhostov podľa CCCM 2000 (Lapin,Damborská,Melo, 2001)



Obr. 2 Modifikovaný scenár sumy ročných atmosférických zrážok v mm pre lokalitu Milhostov podľa CCCM 2000 (Lapin,Damborská,Melo, 2001)

Oba scenáre počítajú s miernym nárastom zrážok aj priemerných ročných teplôt, pričom scenár B2 počíta len s miernym nárastom priemernej ročnej teploty vzduchu porovnaní so scenárom A2, ktorý počíta s nárastom až okolo 1,5 °C v časovom horizonte okolo roku 2050.

Agrotechnické vstupy

Parametrizácia modelu a následná validácia modelu bola vykonaná na základe výsledkov poľných pokusov s kukuricou siatou odrodou DK 440 v rokoch 2001-2004.

Tab. 4: Vstupné agrotechnické informácie

Agrotechnické údaje			
Pokusný rok	Hnojenie [kg.ha ⁻¹]	Hybrid	Úroda [t.ha ⁻¹] zrna
2001	90N 30P 90K	DK 440	11,70
2002	90N 30P 90K	DK 440	9,33
2003	90N 30P 90K	DK 440	9,55
2004	90N 30P 90K	DK 440	13,08

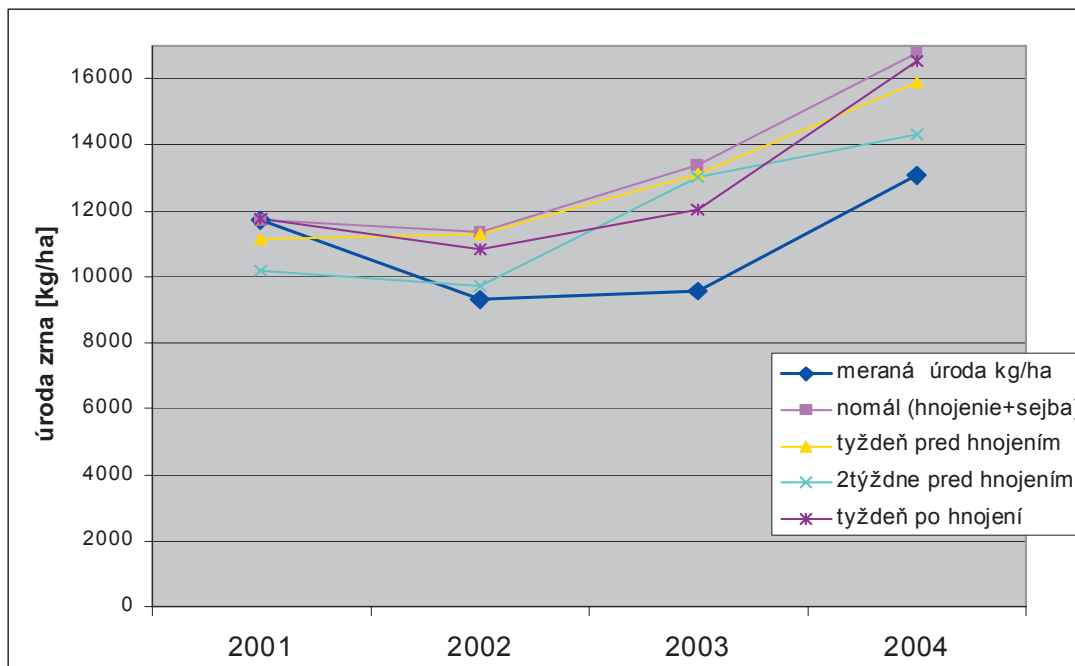
Spôsob pestovania: klasická agrotechnika
Medziriadková vzdialenosť: 0,7 m
Výsevok: 75 000 semien. ha⁻¹
Použité hnojivá: síran amónny (20 % N)
amofos (52 % P₂O₅, 12 % N)
draselná soľ (60 % KCl)

Popis použitého hybridu kukurice

Hybrid DK 440 patrí do skupiny stredne skorých hybridov, testovaný bol v štátnych odrodových skúškach (OS) v rokoch 2000-2001 pod označením DK 440. Hybrid bol vyšľachtený firmou Monsanto, USA. Ide o hybrid, určený pre pestovanie na zrno s FAO číslom 320. Typ zrna je konský zub. Farba korunky je žltá, šúľok dlhý až veľmi dlhý. Počas skúšania bol porovnávaný na kontrolné hybridy Radana, KWS 353 a LG 23.07. Úrodu zrna dosiahol v priemere za skúšobné obdobie 11,81 t/ha, čo je 107,5 % na priemer kontrolných hybridov. Sušinu zrna mal 76,3 %, čo je viac ako je priemer kontrol. Percento výskytu zlomených rastlín po dobu skúšok bolo 0,8 %. Použitá hustota porastov bola 75000 rastlín na hektár t.j. 7,5 rastliny na m².

Výsledky a diskusia

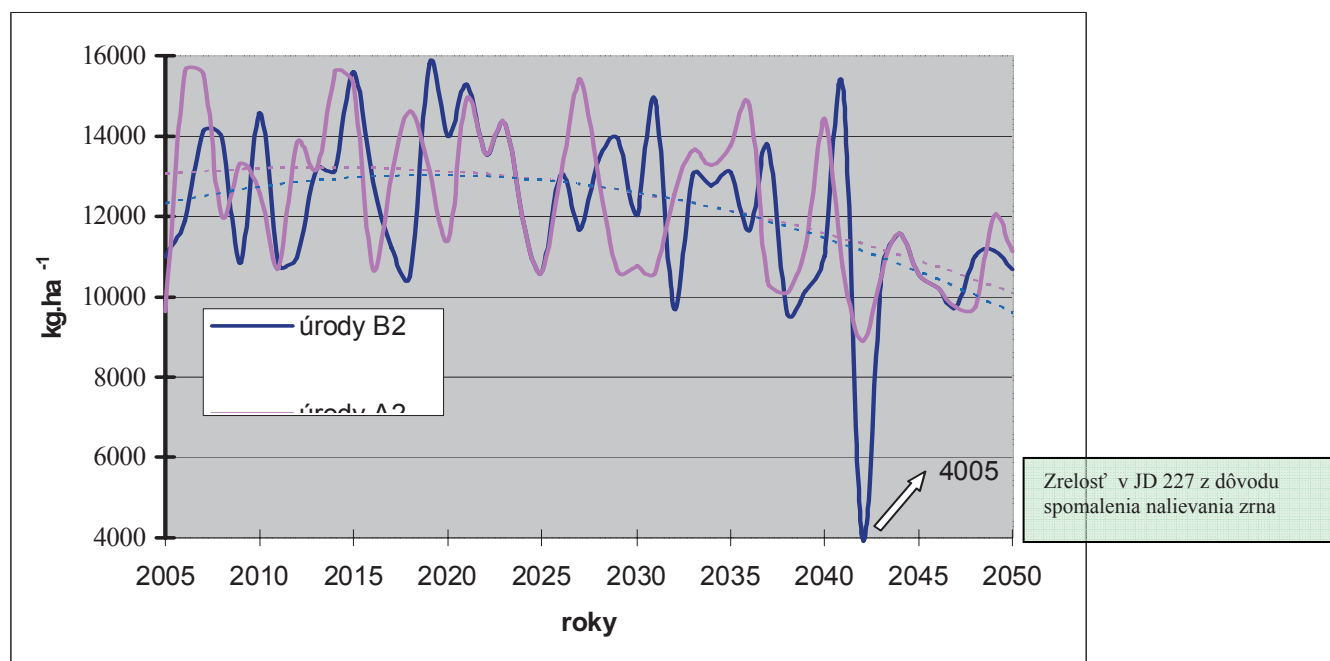
Základom využitia modelu je jeho úspešná validácia. Táto bola uskutočnená na tejto lokalite pomocou porovnania hospodárskych úrod zrna kukurice siatej (*Zea mays* L), pričom bolo uvažované s viacerými termínmi sejby. Model vo všeobecnosti dosahoval tesnú závislosť medzi simulovanými a meranými úrodami, pričom nižšie simulované úrody vyšli len v roku 2001 (obr.2). Všetky krivky sledujú rovnaký trend nárastu úrod od roku 2002 po rok 2004. Takisto pokles úrod v roku 2002, spôsobený extrémnym počasím v danom roku na území Slovenska je markantný. Simulované a merané úrody na tejto lokalite dosiahli takmer úplnú zhodu v roku 2001, čo svedčí o veľmi dobrej zhode reality s modelom (obr.5.). Vo všeobecnosti však prevláda trend nadhodnocovania úrod simulovaných nad realitou vzhľadom k skutočnosti, že v parametrizácii sa nepočítalo s vplyvom chorôb a škodcov a takisto so zberovými stratami.



Obr. 3 Parametrizácia modelu CERES-Maize na lokalite Milhostov v priebehu rokov 2001 - 2004

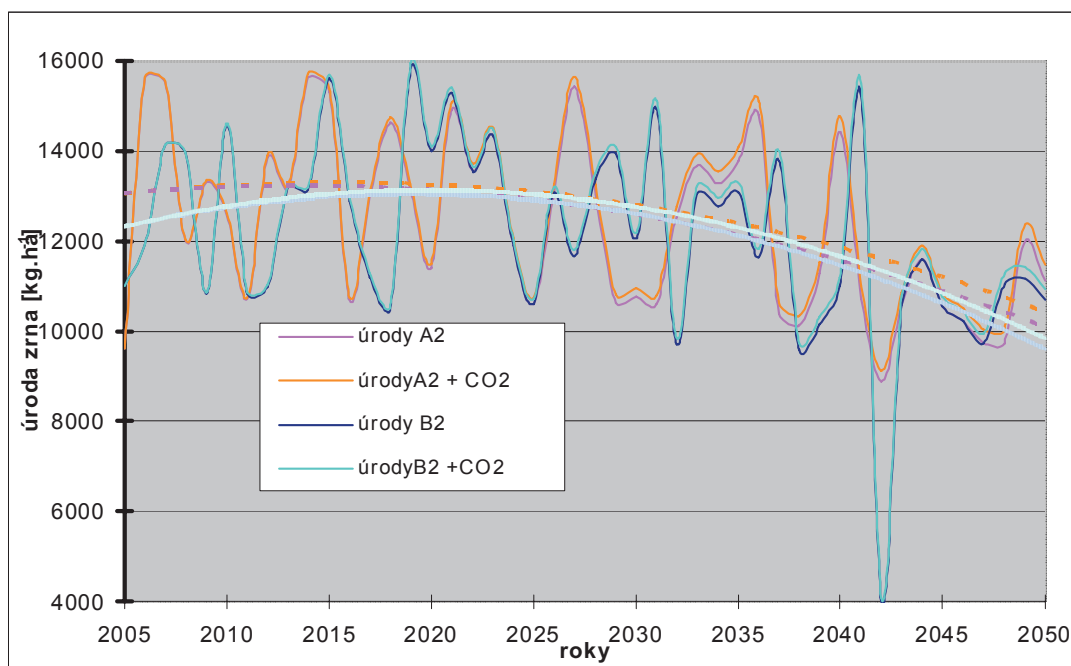
Rok 2001 na základe najlepšej zhody z parametrizácie bol použitý pre simulácie tvorby úrod kukurice podľa scenáru CCCM2000 a 2 emisných scenárov SRES- A2, B2. Výsledky hospodárskych úrod kukurice sietej v oboch prípadoch prejavujú podobný klesajúci trend. V prípade scenára A2 pokles bol zistený pokles z 13070 na 10140 kg.ha⁻¹ t.j. 22,42 %, v druhom prípade (scenár B2) z 12350 na 9602 kg.ha⁻¹, čo predstavuje pokles o 22,25 %.

Hlavnou príčinou týchto poklesov bude predovšetkým predpokladaná zmena klimatických podmienok podmieňujúca fenologické prejavy kukurice. Nárast počtu dní s vysokou teplotou vzduchu hlavne v období dozrievania skracuje dĺžku vegetačného obdobia.



Obr. 4 Simulované úrody zrna kukurice sietej (*Zea mays* L.) v kg.ha⁻¹ do roku 2050 v Milhostove – scenár CCCM2000 B2 a A2,

V prípade priameho vplyvu CO₂ na tvorbu fytomasy by bol pokles hospodárskych úrod menej prudký a úrody by pravdepodobne klesli zo 13070 kg.ha⁻¹ (pre podmienky 1xCO₂) na 10450 kg.ha⁻¹ (19,92 %)-scenár A2, resp z 12350 na 9864 kg. ha⁻¹ (20,13 %), scenár B2. V simuláciách sa uvažovalo maximálne s 1,5 násobným zvýšením koncentrácie CO₂ do roku 2050 (500 ppm). Priamy vplyv CO₂ na úrody v cieľovom roku 2050 v porovnaní s aklimačným efektom zvyšoval potenciálnej úrody zrna o 2,40 % scenár B2 resp. o 3,43 % scenár A2. Termíny výsevu však v cieľovom roku nebudú z hľadiska predpokladaného vývoja teplotno-vlahových pomerov skúmaného územia vhodné, čo je možnou príčinou výrazného prepadu úrod zrna kukurice.



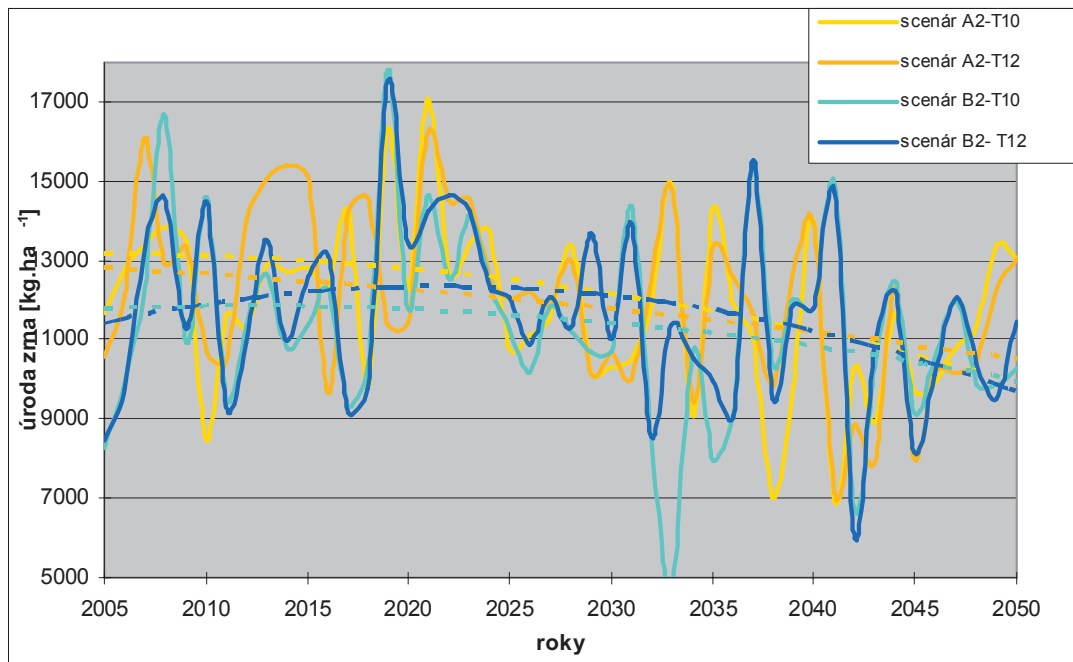
Obr. 5 Simulované úrody zrna kukurice sietej (*Zea mays* L.) v kg.ha⁻¹ do roku 2050 v Milhostove – scenár A2,B2 + priamy vplyv CO₂ na úrodu zrna.

Preto ako adaptačné opatrenie k zmierneniu negatívnych dôsledkov klimatickej zmeny sa v tejto práci testovala možnosť úpravy termínu sejby podľa nástupu dní s priemernou dennou teplotou prevyšujúcou 10 °C resp. 12 °C pri nezmenených odrodových vlastnostiach hybridu DK 440.

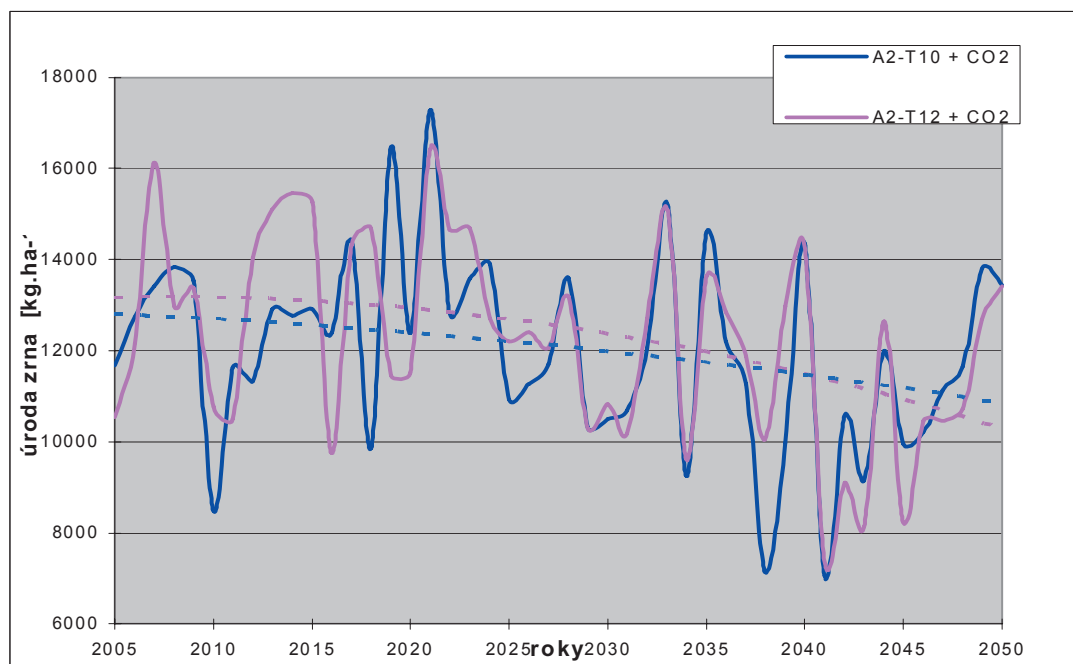
Podľa emisného scenára A2 možno očakávať do roku 2050 pokles úrod z 13210 kg.ha⁻¹ na úroveň 10020 kg.ha⁻¹ (pokles o 24,1 %) pri termíne sejby určeného nástupom priemernej dennej teploty vzduchu >12 °C, resp. z 12870 kg.ha⁻¹ na 10580 kg.ha⁻¹ pri teplote 10 °C (pokles o 17,8 %)

Podľa emisného scenára B2 možno očakávať do roku 2050 pokles úrod z 11756,2 kg.ha⁻¹ na úroveň 9991,7 kg.ha⁻¹ (pokles o 15,0 %) pri termíne sejby určeného podľa nástupu priemernej dennej teploty vzduchu 10 °C resp. z 11453,8 kg.ha⁻¹ na 9689,1 kg.ha⁻¹ pri teplote 12 °C (pokles o 15,4 %)

Obe série simulácií brali do úvahy len vplyv zmenených podmienok atmosférického prostredia bez vplyvu CO₂ na rýchlosť fotosyntézy (obr. 6).



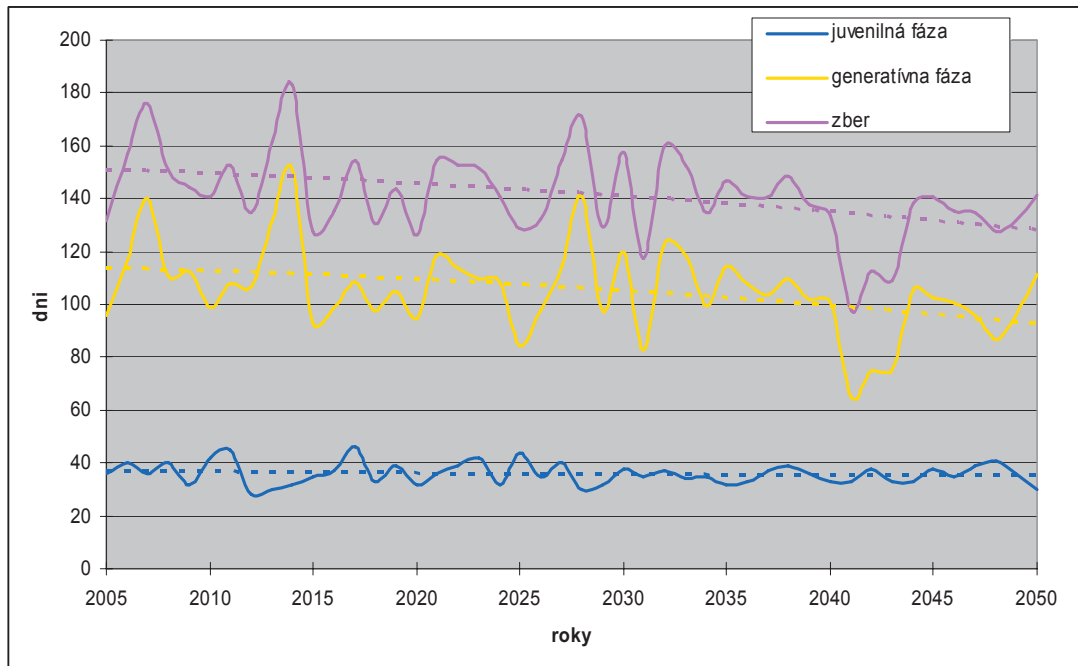
Obr. 6 Úrody zrna kukurice siatej (*Zea mays* L.) [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] do roku 2050 v Milhostove s použitím adaptačného opatrenia - prispôsobenie termínu sejby kukurice podľa nástupu dní s priemernou dennou teplotou 10 °C (T10) resp. 12 °C (T12) bez vplyvu CO_2 na rýchlosť fotosyntézy podľa emisných scenárov SRES-A2, B2



Obr. 7 Úrody zrna kukurice siatej (*Zea mays* L.) [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$] do roku 2050 v Milhostove s použitím adaptačného opatrenia - s priamym vplyvom zvýšenej koncentrácie CO_2 na rýchlosť fotosyntézy a prispôsobením termínu sejby kukurice podľa nástupu dní s priemernou dennou teplotou vzduchu 10 °C (T10+ CO_2) resp. 12 °C (T12+ CO_2) s použitím emisného scenára SRES-A2

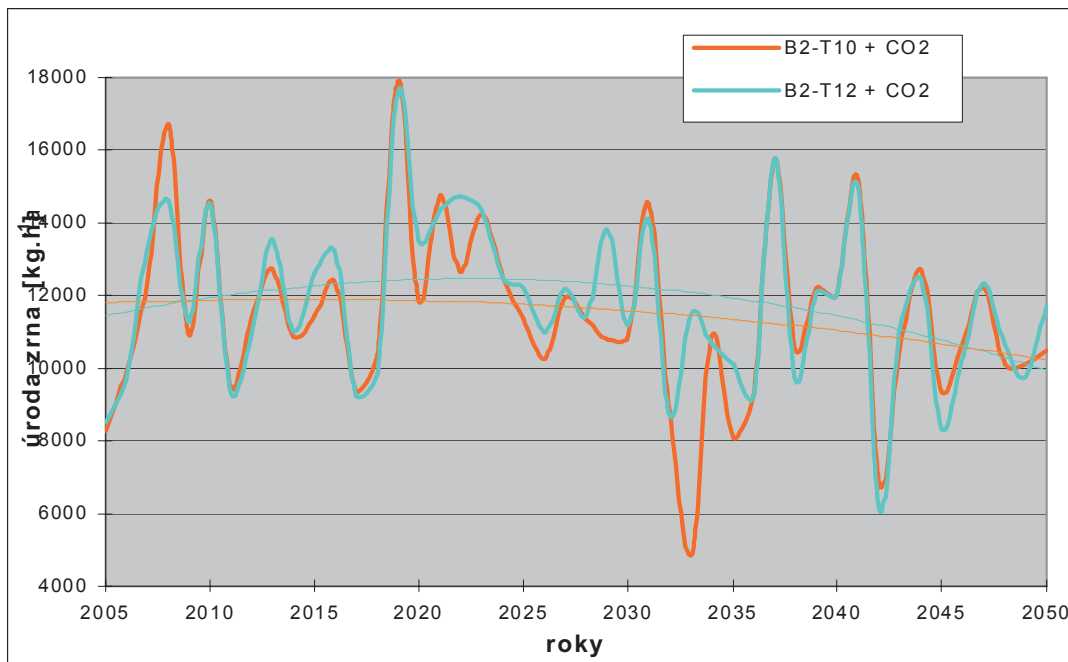
Vplyv CO₂ na rýchlosť fotosyntézy môže pozitívne ovplyvniť výšku úrod kukurice. Vo variantoch, kde bol tento efekt započítaný, bol do roku 2050 zistený miernejší pokles úrod. V prvom prípade, podľa emisného scenára SRES-A2 išlo o pokles 10950 kg.ha⁻¹ (14,4 %) pri termíne sejby s nástupom dní s priemernou dennou teplotou vzduchu prevyšujúcou 10 °C, resp. na 10350 kg.ha⁻¹ 22,5 % pri termíne sejby s nástupom dní s priemernou dennou teplotou vzduchu 12 °C.

Ako vhodnejší sa pre časový horizont roku 2050 ukázal v prvej sérii simulácií skorší termín výsevu (pri nástupe priemernej dennej teploty vzduchu 10 °C). Tento jav bude pravdepodobne súvisieť s nárastom sumy efektívnych teplôt počas letného obdobia, ktoré nepriamoúmerne skracujú vegetačné obdobie Tento fakt je dobre viditeľný na obr.8.



Obr.8 Trvanie vegetačného obdobia podľa emisného scenára SRES -A2 s adaptačným opatrením T12, lokalita Milhostov 2005-2050

Podľa emisného scenára SRES-B2 išlo o pokles úrody na hodnotu 10230 kg.ha⁻¹ (13,5 %) pri termíne sejby s nástupom dní s priemernou dennou teplotou vzduchu prevyšujúcou 10 °C, resp. na 9882 kg.ha⁻¹ 13,9 % pri termíne sejby s nástupom dní s priemernou dennou teplotou vzduchu 12 °C.



Obr. 9 Úrody zrna kukurice siatej (*Zea mays* L.) [kg.ha⁻¹] do roku 2050 v Milhostove s použitím adaptačného opatrenia - s priamym vplyvom zvýšenej koncentrácie CO₂ na rýchlosť fotosyntézy a prispôbením termínu sejby kukurice podľa nástupu dní s priemernou dennou teplotou vzduchu 10 °C (T10+CO₂) resp. 12 °C (T12+CO₂) s použitím emisného scenára SRES-B2

Z uvedených výsledkov vyplýva, že hybridy kukurice zo skupiny hybridov s FAO číslom 320 v podmienkach Východoslovenskej nížiny budú dosahovať stále nižšie úrody. Podobný trend bol zistený pre túto skupiny hybridov aj na pôdach Podunajskej nížiny (Samuhel, Šiška, 2006). Príčinou je skracujúce sa vegetačné obdobie kukurice siatej v podmienkach teplejšej klímy. Teplotné pomery v podmienkach zmenenej klímy však umožnia aj využitie hybridov kukurice s vyšším FAO číslom. Dlhšie vegetačné obdobie umožňuje absorbovať viac fotosynteticky aktívneho žiarenia, čo v prípade dostatku vody umožní aj potenciálny rast biomasy a úrod zrna tejto plodiny.

Záver

Vplyv predpokladanej zmeny meniacich sa klimatických podmienok spôsobených rastúcou koncentráciou CO₂ na produktivitu kukurice siatej bol hodnotený kombinovanou metódou uplatnenia výsledkov regionálnej interpretácie modelu všeobecnej cirkulácie atmosféry CCCM 2000 (emisné scenáre SRES A2, B2) a rastového modelu DSSAT4 (podprogram CERES-Maize) v podmienkach Milhostova, ležiaceho vo Východoslovenskej nížine. Výsledky simulácií naznačujú postupný pokles úrod zrna kukurice v hodnotenej oblasti Slovenska a to ako vo variantoch s uplatneným efektom zvýšenej koncentrácie CO₂ na fotosyntézu tak aj vo variantoch bez započítania tohto účinku v porastoch kukurice. V druhom prípade by bolo možné očakávať výrazný pokles produkcie v tejto, pre SR druhej najvýznamnejšej pestovateľskej oblasti.

V prípade priameho vplyvu CO₂ na tvorbu fytohmoty by bol pokles hospodárskych úrod menej prudký a úrody by pravdepodobne klesli zo 13050 kg.ha⁻¹ (pre podmienky 1xCO₂) na 10450 kg.ha⁻¹ (19,92 %) resp. z 12350 na 9864 kg.ha⁻¹ (20,13 %).

Priamy vplyv CO₂ na úrody v cieľovom roku 2050 v porovnaní s aklimatickým efektom zvyšoval priemerné úrody o 2,65 % pre emisný scenár A2, resp. 2,97 % pre emisný scenár B2.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol za podpory grantového projektu 6.RP CECILIA, projektov VEGA 1/3458/06 a VEGA 1/4427/07: Návrh novej agroklimatickej rajonizácie rastlinnej výroby v podmienkach meniacej sa klímy na Slovensku a aAV/1109/2004: klimatická zmena a sucho v SR.

Literatúra

- [1] BALLA, P., 2005 Ekonomické a agronomické aspekty pôdoochranných technológií pestovania poľných plodín v podmienkach Slovenska, Správa za účelovú činnosť, úrvv Piešťany, Michalovce 2005, s. 9-10
- [2] G. HOOGENBOOM, J.W. JONES, C.H. PORTER, P.W. WILKENS, K.J. BOOTE, W.D. BATCHELOR, L.A. HUNT, AND G.Y. TSUJI (Editors). 2003. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. Volume 1-3: Overview. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- [3] KOTOROVÁ, D. – HNÁT, A. 2005. Vplyv spracovania fluvizemí na ich fyzikálne vlastnosti a na úrodu zrna kukurice. In: Poľnohospodárstvo (Agriculture), roč. 51, 2005, č. 10, s. 521-527. ISSN 0551-3677
- [4] LAPIN, M., MELO, M., DAMBORSKÁ, I. 2001: Scenáre súborov viacerých vzájomne fyzikálne konzistentných klimatických prvkov. In.: Nové scenáre klimatickej zmeny a ich využitie, Národný klimatický program SR, VI, No. 11, SHMÚ a MŽP SR, Bratislava, 5-30, ISBN 80-88907-25-X.
- [5] SAMUHEL, P. ŠIŠKA, B (2007): Parametrization of Crop Simulation Model "CERES-Maize" in Nitra- Dolná Malanta. In : Journal of environmental engineering and Landscape management, , Vol. XV No1, 25-30
- [6] SAMUHEL, P., ŠIŠKA, B.(2006): : Modeling of increased CO₂ impact on Maize (*Zea mays* L.) yields in conditions of Danubian lowland, In: Zborník z medzinárodnej konferencie „Strečno 2006“ Bioklimatológia a voda v krajine
- [7] ŠIŠKA, B., 1997. Predpokladané dopady zvýšenej koncentrácie CO₂ na úrody jarného jačmeňa v oblasti Podunajskej nížiny. Acta horticulturae et regio tecturae 2: 107-120.
- [8] ŠIŠKA B. (1999): Vplyv zvýšenej koncentrácie CO₂ na produktivitu vybraných obilnín v podmienkach predpokladanej klimatickej zmeny v oblasti Podunajskej nížiny In: Atmosféra 21.storočia, organizmy a ekosystémy, BPD 1999, Zvolen, 123-136
- [9] ŠIŠKA, B., MALIŠ J., 1997. Slovak Agricultural University, Nitra, Slovakia: Supposed Changes in Production of Winter Wheat in Consequence of Climate Change in Danubian Lowland up to Year 2075. Bratislava 1997, NKP 7: 84-92.
- [10] ŠIŠKA, B., TAKÁČ, J., IGAZ, D., 2004. Môžeme očakávať zmeny v rozdelení výšky úrod obilnín v oblasti Podunajskej nížiny v dôsledku klimatickej zmeny? In: Bioklimatologické pracovné dni. Medzinárodná vedecká konferencia. Viničky. SPU Nitra, 2004, 16 s. ISBN 80-8069-402-8
- [11] ŠIŠKA, B. – TAKÁČ, J.- IGAZ, D.: Climate change impacts on winter whet yield on Danubian lowland in Slovak republic. Contemporary agriculture (Savremena poljopriveda), 2005, Novi Sad, Serbia and Montenegro, FAU, 2005, 324-328. UDC: 63 (497.1)(051). Časopis za poljoprivedu 0350-1205-YU ISSN
- [12] TAKÁČ, J. 2001. Dôsledky zmeny klímy na bilanciu vody v poľnohospodárskej krajine. NKP SR, 2001, zv. 10, Bratislava, s. 16 - 26.