

Javų derlingumo prognozavimas pagal tikėtinius klimato kaitos scenarijus

Virmantas Povilaitis¹,

Sigitas Lazauskas¹,

Irena Kriščiukaitienė²

¹ Lietuvos žemdirbystės institutas,
Instituto al. 1, Akademija,
LT-58344 Kėdainių r. sav.
El. paštas: virmantas@lzi.lt

² Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas,
V. Kudirkos g. 18, LT-03105 Vilnius
El. paštas: irena@laei.lt

Straipsnyje nagrinėjama svarbiausių žemės ūkio augalų – žieminių kviečių (*Triticum aestivum* L.) ir vasarinių miežių (*Hordeum vulgare* L.) tikėtini derlingumo pokyčiai besikeičiančio klimato sąlygomis. Atlikus tikėtinų klimato kaitos scenarijų studiją buvo prieita prie nuomonės, kad ateityje didės aplinkos temperatūra, o kritulių kiekis išliks panašus arba šiek tiek sumažės. Remiantis šia prielaida buvo sudaryti scenarijai galimiems grūdų derliaus pokyčiams modeliuoti: atmosferos temperatūra padidinama 1 °C, 2 °C, 3 °C arba 4 °C, nekeičiant CO₂ koncentracijos, tačiau didinant arba mažinant kritulių kiekį vasariniams miežiams 15, 30 ir 45 mm, žieminiams kviečiams 30 ir 60 mm.

Derlingumui prognozuoti panaudotas kompiuterinis modelis DSSAT v4.0.2.0 (*The Decision Support System for Agrotechnology Transfer*), kurį pasitelkus sumodeliuoti tikėtini javų derlingumo pokyčiai pagal skirtingus klimato kaitos scenarijus. Skaičiavimai, atlikti modeliu DSSAT taikant skirtingus klimato kaitos scenarijus, parodė, kad dar labiau šylant vegetacijos laikotarpiui, teigiamas poveikis vasariniams miežiams ir žieminiams kviečiams silpnėtų, o smarkūs pokyčiai galėtų net mažinti minėtų javų derlingumą, ypač jeigu kritulių kiekis mažėtų.

Raktažodžiai: vasariniai miežiai, žieminiai kviečiai, derlingumas, klimato kaita, modeliavimas

ĮVADAS

Sparčiai augantis gyventojų skaičius daugelyje pasaulio regionų didina maisto produktų poreikį, skatindamas žemės ūkio gamybos intensyvumą. Bendras žemės ūkio augalams tinkamos dirbamos žemės plotas pasaulio mastu nuolatos mažėja, tačiau daug reikšmingesnis rodiklis, parodantis realią situaciją, – tai dirbamos žemės, ypač javų plotas, tenkantis vienam gyventojui. Javų plotas, tenkantis vienam planetos gyventojui, nuolatos mažėjo: nuo 0,23 ha 1950 m. iki 0,11 ha 2000 m. Jeigu planetos gyventojų skaičius didės tokiais pat mastais kaip prognozuojama, tai 2050 m. vienam gyventojui teks vos 0,07 ha javų pasėlių (Brown, 2006). Lietuvoje, kaip ir daugelyje Rytų Europos šalių, vienam gyventojui tenkantis žemės ūkio paskirties plotas yra daug didesnis nei vidutiniškai pasaulio mastu. Be to, nepalanki demografinė situacija šį rodiklį dar labiau gerina. Viena vertus, tokia situacija galėtų sukelti maisto produktų perprodukciją ir bendrą žemės ūkio krizę, tačiau, kita vertus, viso pasaulio ekonomikos plėtros, demografinės ir prekybos globalizacijos tendencijos sudaro labai palankią aplinką augalininkystės plėtrai ten, kur yra pakankamai dirbamos žemės ir vandens. Papildomas galimybes atveria ir sparčiai plėtojama energetika bei kitos pramonės šakos, naudojančios augalines žaliavas.

Akivaizdu, kad priemonių, užtikrinančių stabilų žmonių aprūpinimą augalininkystės produkcija, ateityje neužteks. Žmonijos istorijoje žemės produktyvumas augo labai lėtai ir buvo mažai pastebimas vienos žmonių kartos laikotarpiu. Masinis spartus lauko augalų derlingumo augimas išsivysčiusiose pasaulio šalyse prasidėjo XX a. penktajame–šeštajame dešimtmetyje. Pagrindas šiam augimui buvo padėtas selekcijos, auginimo technologijos bei jų sąveikos dėka. Derlingumai įvairiose šalyse didėjo nevienodai, skirtingai didėjo ir kai kurių augalų derlingumas, tačiau tai buvo vienas svarbiausių žmonijos pasiekimų. Lietuvoje augalų derlingumai didėjo panašiai, o augimo veiksniai buvo panašūs kaip ir kituose kraštuose. Plačiau žemės ūkio augalų derlingumų kaitą ir priežastis Lietuvoje nuo 1881 iki 1997 metų apžvelgė Švedas ir kt. (1999).

Augalininkystės plėtrą ir gamybos apimtis ateityje ribos ne tik tradiciniai veiksniai (erozija, žemės ūkio naudmenų plotų mažėjimas), bet ir vis didesnis vandens trūkumas (dėl neefektyvaus jo naudojimo ir klimato kaitos bei augančių miestų ir pramonės poreikių). Garantuotas žmonių aprūpinimas maistu priklausys nuo to, ar pavyks stabilizuoti keturis pagrindinius žemės ūkio gamybai reikalingus gamtos išteklius: tinkamos dirbamos žemės ir ganyklų plotus, gėlo vandens išteklius ir planetos klimatą. Klimato kaita tampa

vienu svarbiausių veiksnių tiesiogiai ir netiesiogiai veikiančių žemės ūkio augalų produktyvumą, žemės ūkio ir su juo susijusių pramonės šakų efektyvumą ir stabilumą.

Tikėtinas kintančio klimato poveikis žemės ūkio augalams, adaptacinių priemonių efektyvumas Lietuvoje tirtas tik fragmentiškai – Lazauskas ir kt. (2005) pateikia vasarinių miežių grūdų derliaus kontrastingais metais rezultatus, bet žinios apie kintančio klimato poveikį žemės ūkio augalams Lietuvos sąlygomis vis dar nepakankamos.

Straipsnyje pateikiama Žemės ūkio ministerijos ir Valskybinio mokslo ir studijų fondo remto mokslinio projekto „Agroekosistemų produktyvumo pokyčiai kintant klimatui“, vykdyto 2007–2008 metais, dalis.

Tyrimo tikslas – panaudojant kompiuterinį modelį DS-SAT v4.0.2.0 įvertinti tikėtinus klimato kaitos padarinius vasarinių miežių (*Hordeum vulgare* L.) ir žieminių kviečių (*Triticum aestivum* L.) grūdų derliui.

Metodai ir sąlygos. Tyrimas atliktas dviem etapais: pirmajame etape atlikta teorinė galimų klimato pokyčių scenarijų analizė. Antrajame etape atlikta studija apie modelio DSSAT v4 (*The Decision Support System for Agrotechnology Transfer*) panaudojimą prognozuojant žemės ūkio augalų derlių pritaikius klimato pokyčių scenarijus bei suformavus uždavinius eksperimentiniams tyrimams.

Prieš prognozuojant pagal skirtingus ateities klimato kaitos scenarijus, buvo atliktas modelio tinkamumo Lietuvos sąlygomis tyrimas. DSSAT v4 modeliu modeliuotas grūdų derlius, kuris galėjo būti potencialiai išaugintas atitinkamų metų meteorologinėmis sąlygomis ir dirvožemio profilyje, kurio savybės artimos vyraujančiam dirvožemio profiliui Lietuvos žemdirbystės instituto Valinavos poligone. Vasarinių miežių ir žieminių kviečių grūdų derlius, apskaičiuotas pagal modelį ir faktiškai gautas eksperimentuose, atitiko mokslinėje literatūroje nurodomą panašių tyrimų lygį.

Pagrindiniai modelio duomenys – kasdieniai meteorologiniai rodikliai, t. y. minimali ir maksimali paros oro temperatūra, kritulių kiekis bei saulės spinduliuotės kiekis. Praktiškai modeliui buvo panaudoti Dotnuvos hidrometeorologijos stoties paros temperatūros bei kritulių kiekio stebėjimų duomenys. Modelio svarbi sudėtinė informacijos dalis – saulės spinduliuotės duomenys. Šie duomenys paimti iš artimiausios – Kauno hidrometeorologijos – stoties. Duomenys apie dirvožemį pateikti iš Valinavos poligono, nes čia jie reprezentuoja vyraujančius Lietuvoje dirvožemius.

TYRIMŲ REZULTATAI

Klimato kaitos aktualijos. Klimato kaita tapo vienu svarbiausių veiksnių, galinčių nulemti visos mūsų planetos ateitį, ir yra viena didžiausių aplinkos, socialinių bei ekonominių grėsmių. Žmogaus veiklos nulemti atmosferos pokyčiai (sausėjantis ir šiltėjantis klimatas, CO₂ kiekio atmosferoje didėjimas, ozono sluoksnio sumažėjimas) spartėja, jie gali tęstis ir toliau. Klimato kaita ir su ja susijusios problemos sulaukia vis didesnio dėmesio aukščiausio lygio

tarpyvyriausybinuose forumuose. 2007 m. vasarį Paryžiuje įvykusiame susitikime labai aiškiai įvardyta problema ir pateikta keletas klimato tolesnės raidos prognozės variantų (IPCC, 2007). Vis aiškiau suvokiama, kad nėra paprasto šios problemos sprendimo būdo, reikalingi plataus masto, daugiašakiai moksliniai tyrimai. Klimato pokyčiai ir pasekmės juntamos visame pasaulyje. Paskutinis XX a. dešimtmetis buvo šilčiausias per šimtmetį. Tai parodo ir pastarųjų metų vasaros laikotarpio temperatūros daugelyje Europos regionų. Ekstremalios oro sąlygos: ilgi didelio karščio periodai ar potvyniai, darantys didelę žalą ekonomikai ir žmonėms, pasitaiko vis dažniau. Europos aplinkos agentūra prognozuoja, kad iki 2100 m. temperatūra Europoje pakils nuo 2 iki 6,3 °C, palyginus su 1990 m. lygiu, taip pat numatoma jūros lygio kilimas bei dažnesnės ir stipresnės gamtos stichijos (EEA Briefing, 2008). Prasidėję klimato pokyčiai tęsis dar daugelį dešimtmečių, net jeigu pavyktų visiškai apsaugoti aplinką nuo šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Todėl Europa privalės prisitaikyti prie neišvengiamai įvyksiančių klimato kaitos nulemtų pokyčių.

Tyrimai rodo, kad klimato kaitos poveikio augalams mastai priklauso nuo augalų rūšies, veislės genetinių savybių, vietos dirvožemio savybių, kenkėjų ir ligų, tiesioginio CO₂ poveikio augalams, taip pat nuo CO₂, oro temperatūros, vandens režimo, mineralinių maistmedžiagių, oro kokybės bei adaptacinių procesų sąveikos (IPCC, 2001). Vandens trūkumas yra vienas svarbiausių aplinkos veiksnių, ribojančių augalų augimą bei derlių (Flexas et al., 2004).

Jei klimatas ir toliau šiltės, tikėtina, kad ilgainiui žemės ūkio veikla vis labiau slinksis į šiaurę. Šioje klimato zonoje, išliekant žemesnei oro temperatūrai, drėgmės išgaravimas iš dirvos bus lėtesnis, kartu pailgės augalų vegetacijos trukmė, ankstės augalų žydėjimo terminai. Neišvengiamai plės ir naujų auginamų augalų rūšinė sudėtis. Bus daugiau auginama šiaurės ir vidutinio klimato zonai nebūdingų augalų, pvz., sojų, kukurūzų, saulėgrąžų ir pan. Prognozuojama, kad padidės ir žemės ūkio augalų derlingumo svyravimai atskirais metais, o tai yra labai nepageidautinas reiškinys, kenkiantis planingo ūkio ekonominei būklei.

Apibendrinus šią informaciją galima teigti, kad ateityje didės aplinkos temperatūra, o kritulių kiekis išliks panašus arba šiek tiek sumažės. Remiantis šia prielaida buvo sudaryti scenarijai galimiems grūdų derliaus pokyčiams modeliuoti:

- atmosferos temperatūra padidinama 1 °C, nekeičiant CO₂ koncentracijos, tačiau didinant arba mažinant kritulių kiekį vasariniams miežiams 15, 30 ir 45 mm, žieminiams kviečiams 30 ir 60 mm;
- atmosferos temperatūra padidinama 2 °C, nekeičiant CO₂ koncentracijos, tačiau didinant arba mažinant kritulių kiekį vasariniams miežiams 15, 30 ir 45 mm, žieminiams kviečiams 30 ir 60 mm;
- atmosferos temperatūra padidinama 3 °C, nekeičiant CO₂ koncentracijos, tačiau didinant arba mažinant kritulių kiekį vasariniams miežiams 15, 30 ir 45 mm, žieminiams kviečiams 30 ir 60 mm;

- atmosferos temperatūra padidinama 4 °C, nekeičiant CO₂ koncentracijos, tačiau didinant arba mažinant kritulių kiekį vasariniais miežiams 15, 30 ir 45 mm, žieminiams kviečiams 30 ir 60 mm.

Kompiuterinių modelių panaudojimas derliaus prognozavimui. Augalų augimo modeliavimas yra viena svarbiausių priemonių, leidžiančių kiekybiškai įvertinti klimato pokyčių įtaką augalijai, panaudojant ilgamečių tyrimų rezultatus. Globalūs klimato pokyčiai (pvz., temperatūros didėjimas, kritulių pokyčiai, atmosferos pokyčiai (CO₂)) taps svarbiausiais postūmiais augalų įvairovės kitimuose ir praradimuose artimiausiam šimtmečiui. Modelių pagalba prognozuojama, kad iki 2080 m. dėl kylančios temperatūros ir kritulių kitimo 1350 Europos augalų rūšių taps pažeidžiamos, jautrios ar nykstančios (Soussana, Lüscher, 2006).

Naudojant vieną plačiausiai taikomų kompiuterinių modelių derliaus prognozavimui DSSAT (Eitzinger et al., 2008), kurį sudaro keletas imitacinių modelių, buvo gauti rezultatai apie dirvožemio, augalo, atmosferos sistemas, kompleksiskai kiekybine išraiška įvertinta svarbiausių aplinkos veiksnių poveikis augalo augimo ir derėjimo procesams. Modeliu DSSAT buvo apskaičiuota augalų derliaus prognozės ir rezultatai analizuoti ūkio lygyje. Modelio pagalba, apdorojus minėtus pateiktus duomenis pagal savitas modeliavimo sąlygas, gauti rezultatai atspindi pasirinktas dirvožemio, klimato bei ūkininkavimo sąlygas. Užsienio mokslininkų patirtis rodo, kad modelis įgalina įvertinti augalo reakciją į aplinkos, azoto trąšų, augalų tankumo, veislės, laistymo veiksnius (Thorpe et al., 2008).

Naujausia šio modelio versija (DSSAT v4.0.2.0) apima 9 skirtingas augalų grupes, iš kurių svarbiausios – grūdinių, ankštinių, šakniavaisinių. Sudaryta galimybė iš viso modeliuoti 26 rūšių augalų augimo procesus. Tačiau modelis yra nuolatos tobulinamas. DSSAT modelis leidžia greitai atsakyti į vartotojui rūpimą klausimą „kas būtų, jeigu būtų“ sumodeliuojant ir pateikiant būsimo derliaus rezultatus, kurie gali būti naudingi priimant atitinkamus sprendimus (Soltani, Hoogenboom, 2007). Vis dėlto modelio generuojamų prognozių tikslumas kol kas nėra pakankamas, todėl reikalingi moksliniai tyrimai, leidžiantys įvertinti jo tinkamumą ir korekcijos priemonių poreikį, siekiant padidinti šio modelio taikymo įvairiomis gamtinėmis sąlygomis ir skirtingose auginimo sistemose tikslumą.

Tyrimuose Jungtinėje Karalystėje DSSAT v4 modelio, CERES-Wheat programos prognozuotas kviečių grūdų derlius nuo faktinio derliaus skyrėsi 0,68 t ha⁻¹, o biomase 2,09 t ha⁻¹ (Bannayana, Croutb, 2003). JAV Kanzaso universiteto mokslininkų eksperimentuose DSSAT v4 modelio CERES-Wheat programos prognozuotas kviečių grūdų derlius nuo faktinio derliaus skyrėsi 16 % (Staggenborg, Vanderlip, 2005). Lenkijoje patikrinus DSSAT modelio CERES-Barley programą, skirtą vasarinių miežių derliui prognozuoti, pasinaudojant atliktų lauko bandymų duomenimis, buvo prieita prie išvados, kad reikia atlikti papildomus

tyrimus, siekiant patikimiau modeliuoti grūdų derlių (Kuchar et al., 2004).

Derliaus prognozavimo modeliai dažnai gerai modeliuoja biomasės prieaugį pagal temperatūras ir kritulius, tačiau menkai atsižvelgia į rodiklius, išreikštus kokybiniais parametrais (pvz., augalų apsaugos priemonių naudojimą). Tokią išvadą leidžia padaryti Čekijoje atlikti tyrimai, kuriuose DSSAT modelio viena sudedamųjų programų – CERES-Barley derlių prognozavo tik apytiksliai, nes programa neatsižvelgė į tuos parametrus (augalų apsaugos priemonės, skirtingų trąšų panaudojimas), kurie nėra įtraukti į modelį. Šiai problemai spręsti autoriai siūlo vartoti pataisos koeficientus (Trnka et al., 2006).

Kad tam tikrą modelį būtų galima naudoti pasirinktomis agroklimato sąlygomis, būtina atlikti jo testavimo tyrimus. Tokio tipo tyrimams atlikti būtini išsamūs duomenys iš lauko eksperimentų. Galima daryti naujus lauko eksperimentus, bet tai pareikalautų nemažai laiko bei materialinių išteklių. Modelį patikrinti galima panaudojant anksčiau atliktų išsamių lauko eksperimentų duomenis. Tokia praktika išbandyta Vengrijoje, kur kelių modelių (vienas jų DSSAT) tikrinimui panaudota žieminių kviečių eksperimentų duomenys nuo 1962 iki 1989 m., ir modelio DSSAT apskaičiuoti rezultatai geriausiai iš testuotų modelių koreliavo su istoriniais bandymų duomenimis (Harnos, Kovacs, 1999). Kinų mokslininkai, tikrindami modelį, pasinaudojo 141 vietovės 20 metų trukmės (1980–2000 m.) žieminių kviečių eksperimentų duomenimis ir modelį įvertino kaip tinkamą priemonę derliaus prognozėms (Xiong et al., 2008).

Gausiausiai mokslinėse publikacijose aprašomi eksperimentai, kuriuose modelis buvo taikomas prognozuoti kukurūzų derlių (O'Neal et al., 2002). DSSAT modelis buvo panaudotas atliekant studijas apie klimato pokyčio poveikį žemės ūkiui augalams įvairiuose pasaulio regionuose. Modelio sugeneruoti rezultatai dažniausiai pakankamai gerai atspindi aplinkos pokyčių poveikį augalams. Airijoje DSSAT modelis buvo panaudotas tyrimuose vertinant įvairių klimato kaitos scenarijų poveikį kukurūzų ir sojos derliui. Buvo prieita prie išvados, kad kukurūzai gali tapti svarbiais Airijos žemės ūkiui augalais, kurie vasaromis išvertų vandens trūkumo sukeltą stresą (Holdenn, Brereton, 2007).

Indijoje DSSAT v4 modelis tikrintas modeliuojant žieminių kviečių derlių drėkinamų laukų sąlygomis, naudojant istorinius duomenis ir prieita prie išvados, kad modelis tinkamas derliui prognozuoti esamomis klimato sąlygomis (Timsina et al., 2008). Minėti modelio testavimo darbai atlikti šiltesnio klimato zonose ir testavimo rezultatai parodė, kad modelis tokiomis sąlygomis tinka derliaus prognozėms. Tačiau vėsesnio klimato sąlygomis modelio testavimo darbai parodė priešingus rezultatus. Anglijos tyrėjų (Landau et al., 1998) atlikti skaičiavimai, panaudojus istorinius 1976–1993 m. atliktų tyrimų duomenis modelių skaičiavimų prognozių tikrinimui, parodė, kad reikalingi detalesni skaičiavimai modelio adaptavimui prie esamų agroklimato sąlygų. Kitų tyrėjų (Ghaffari et al., 2001) panašiomis

aplinkos sąlygomis modelio testavimo rezultatai parodė, kad modelis taip pat po kalibravimo gali būti naudojamas žieminių kviečių derliaus prognozėms. Vidutinio jūrinio klimato sąlygomis (šiaurinėje Vokietijoje) atlikti modelio testavimo eksperimentai parodė, kad modelis negali būti naudojamas derliaus modeliavimui be papildomų korekcijų (Langensiepen et al., 2008).

DSSAT modelis taip pat buvo panaudotas siekiant įvertinti skirtingų dirvožemio vandens balanso veiksnių įtaką augalams, pritaikant įvairius klimato pokyčio scenarijus (Alexandrov, Genev, 2003). Pietinėje Čekijos bei šiaurinėje Austrijos dalyse buvo atlikti vandens balanso ir vandens trūkumo modeliavimo darbai žieminių kviečių pasėliuose, taikant įvairius klimato pokyčio scenarijus. Eksperimento metu modeliuotos dvi situacijos – taikant scenarijus, kai įvairiomis klimato sąlygomis dirvožemio vandens imlumui turi įtakos ir neturi įtakos gruntiniai vandenys. Taikant scenarijų, kuriame gruntiniai vandenys turi įtakos dirvožemio vandens balansui, modelio sugeneruota derliaus prognozė buvo artima lauko potencialui, o neįvertinus gruntinių vandenų įtakos dirvožemio drėgmės balansui, žieminių kviečių derlius siekė tik 49 % potencialaus derliaus (Eitzinger et al., 2008).

Modelis DSSAT tyrimuose ar studijose dažniausiai buvo naudojamas intensyvaus žemės ūkio sąlygomis, kur siekiamas maksimalus derliaus rezultatas. Į šį aspektą reikia atkreipti ypatingą dėmesį modeliuojant bendrą Lietuvos žemės ūkio augalų derlingumą, nes ne visada galima pasiremti kitose šalyse atliktų tyrimų rezultatais, dėl rekomenduojamų kitokių pasėlių tręšimo normų ar taikomų lietinimo technologijų (Holden, Bereton, 2007).

Lietuvos dirvožemiai labai įvairūs savo fizikinėmis ir cheminėmis savybėmis, tad norint DSSAT modelį pritaikyti Lietuvos sąlygomis būtini išsamesni tyrimai, nes net ir nežymus dirvožemio savybių pokytis gali nulemti visai kitokius modelio generuojamus rezultatus ir ženkliai neatitiktį faktiniams eksperimentinių tyrimų rezultatams. Norint pritaikyti DSSAT modelį Lietuvos žemės ūkio augalų derliaus

prognozavimui, būtina atlikti modelio adaptavimo darbus, sukuriant atitinkamas dirvožemio, augalų veislių genetinio potencialo duomenų bazes, atitinkančias Lietuvos sąlygas.

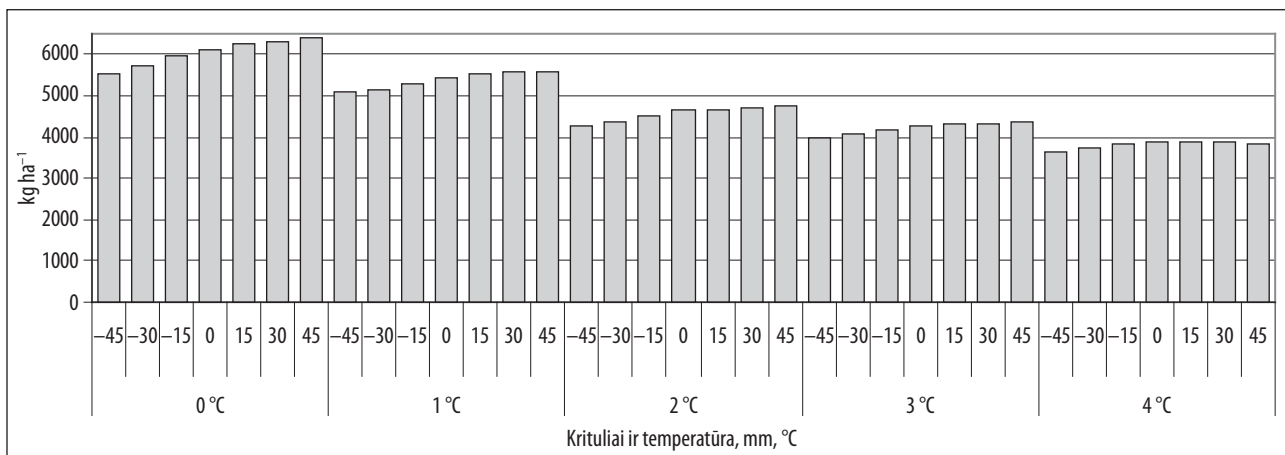
Mūsų ankstesniuose tyrimuose modelis DSSAT v4.0.2.0 patenkinamu tikslumu modeliavo praeityje atliktų eksperimentų vasarinių miežių ir žieminių kviečių derlių, todėl šį modelį pasirinkome klimato kaitos poveikio modeliavimui (Povilaitis ir kt., 2008).

Žieminių kviečių ir vasarinių miežių derlingumo pokyčiai šiltėjant klimatui. Vasariniai miežiai ir žieminiai kviečiai klimato kaitos poveikio javams prognozavimui buvo pasirinkti dėl to, kad yra galimybė palyginti modelio sugeneruotas vertes su natūraliomis sąlygomis atliekamų ilgalaikių eksperimentų Lietuvos žemdirbystės instituto Valinavos eksperimentiniame komplekse rezultatais. Valinavos komplekse ilgalaikių bandymų laukeliai yra pakankamo dydžio – vienas laukelis užima didesnę nei 0,08 ha plotą. Šitai išvengiama „lauko pakraščio“ efekto bei priartėjama prie vidutinių Lietuvos ūkininkavimo sąlygų, o tai – svarbu norint pritaikyti modeliavimo rezultatus praktikoje.

Sumodeliuoti pagal pasirinktus scenarijus miežių produktyvumo rezultatai rodo, kad smarkiai šylantis vegetacijos laikotarpis gali pastebimai sumažinti vasarinių miežių derlingumą, ypač jeigu mažės kritulių (1 pav.).

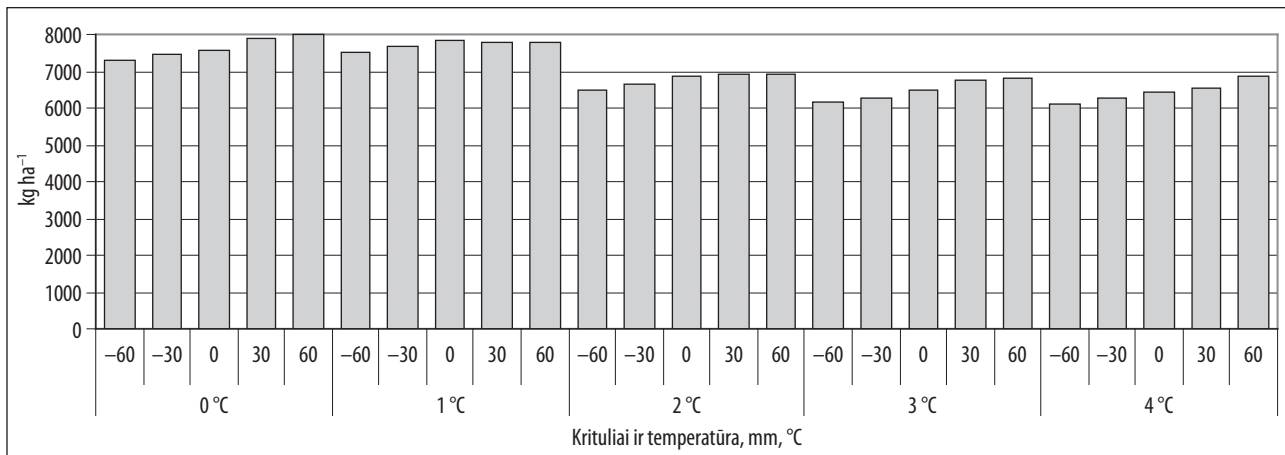
Aukštesnė temperatūra paspartina augalo organų vystymąsi, trumpina atskirų vystymosi etapų trukmę, todėl galutinė biomasės produkcija gali sumažėti, ypač vienmečių augalų. Tačiau biomasės sumažėjimą dėl aukštesnės temperatūros iš dalies gali kompensuoti padidėjusi CO₂ koncentracija, kuri suintensyvina biomasės prieaugį (Fuhrer, 2003).

Panaši grūdų derliaus mažėjimo tendencija besikeičiančio klimato sąlygomis galima ir žieminių kviečių pasėliuose (2 pav.). Tiek vasarinių miežių, tiek žieminių kviečių grūdų derlingumas didesnis išliks tuo atveju, jei, didėjant temperatūrai, didės ir kritulių kiekis. Aukštesnių temperatūrų sąlygomis augalai sparčiau vystysis, suformuodami mažiau grūdų ploto vienetu.



1 pav. Vasarinių miežių derlingumo kaitos variantinės prognozės, gautos DSSAT v4.0.2.0 modeliu pagal klimato kaitos scenarijus

Fig. 1. Variants of prognoses of spring barley yield by the DSSAT v4.0.2.0 computer model according to different climate change scenarios



2 pav. Žieminių kviečių derlingumo kaitos prognozės, sumodeliuotos DSSAT v4.0.2.0 modeliu pagal pasirinktus klimato kaitos scenarijus

Fig. 2. Variants of prognoses of winter wheat yield by the DSSAT v4.0.2.0 computer model according to different climate change scenarios

Atlikus DSSAT v4 modeli skaičiavimus ir įvertinus gautus rezultatus matyti, kad didėjant aplinkos temperatūrai didėja tiek vasarinių miežių, tiek žieminių kviečių derliaus indeksas, tačiau trumpėja javų vegetacijos trukmė, mažėja grūdų derlius. Tikėtina, kad didėjanti aplinkos temperatūra neigiamai paveiks javų biologinio derliaus elementus – daugelio parametru reikšmės bus mažesnės, nei javus auginant normaliomis (dabartinėmis) klimato sąlygomis.

IŠVADOS

1. Atliktos studijos leidžia daryti prielaidą, kad ateityje besikeičiantis klimatas turės tendenciją šiltėti, o kritulių kiekis išliks panašus su neženkliais pakitimais.

2. Pastaraisiais metais Lietuvoje dažnai pasikartojantys smarkiai šiltesni nei klimato norma orai, esant pakankamai kritulių, yra palankūs vasarinių miežių ir ypač žieminių kviečių gausiam derliui formuotis. Tačiau skaičiavimai, atlikti modeliu DSSAT taikant skirtingus klimato kaitos scenarijus, parodė, kad dar labiau šylant vegetacijos laikotarpiui, teigiamas poveikis šioms augalams silpnėtų, o smarkūs pokyčiai galėtų net mažinti vasarinių miežių ir žieminių kviečių derlingumą, ypač jeigu kritulių kiekis mažėtų.

3. Modelis DSSAT leidžia papildyti eksperimento rezultatų analizę, nes įgalina nustatyti ir įvertinti veiksnių, susietų su meteorologinėmis sąlygomis, įtaką rezultatams. Tačiau reikalingi tolesni detalūs modelio pritaikymo Lietuvos sąlygomis tyrimai.

Gauta 2009 05 29

Priimta 2009 10 03

Literatūra

- Alexandrov V., Genev M. Climate variability and change impact on water resources in Bulgaria. *European Water*. 2003. Vol. 1/2. P. 25–30.
- Bannayana M., Croutb N. M. J., Hoogenboom G. Application of the CERES–Wheat model for within-season prediction of winter wheat yield in the United Kingdom. *Agronomy Journal*. 2003. Vol. 95. P. 114–125.
- Brown L. R. *Outgrowing the Earth*. W. W. Norton & Co, 2006.
- EEA Briefing. *Impacts of Europe's Changing Climate*. Copenhagen, 2008. Vol. 3.
- Eitzinger J., Formayer H., Thaler S. et al. Results and uncertainties of climate change impact research in agricultural crop production in Central Europe. *Bodenkultur*. 2008. Vol. 59(4). P. 131–147.
- Flexas J., Bota J., Cifre J. et al. Understanding down-regulation of photosynthesis under water stress: future prospects and searching for physiological tools for irrigation management. *Annals of Applied Biology*. 2004. Vol. 144. P. 273–283.
- Fuhrer J. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone and global climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2003. Vol. 97. P. 1–20.
- Ghaffari A., Cook H. F., Lee H. C. Simulating winter wheat yield under temperate conditions: exploring different management scenarios. *European Journal of Agronomy*. 2001. Vol. 15(4). P. 231–240.
- Gimplinger D. M., Kaul H. P. Parameterization of Lintul for grain amaranth. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*. 2006. Vol. 11(1). P. 277–278.
- Harnos N., Kovacs G. J. Comparison of four winter wheat simulation models using long term regional yield data. *Proceedings of the ESA International Symposium Modelling Cropping Systems*. Lleida, Spain, 1999. P. 197–198.
- Holden N. M., Bereton A. J. Adaptation of water and nitrogen management of spring barley and potato as a response to possible climate change in Ireland. *Agricultural Water Management*. 2007. Vol. 82. P. 297–317.

12. IPCC. Climate change 2001. In: Watson R. T., Core Writing Team (eds.). *Synthesis report, A Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Cambridge, 2001. 398 p.
13. Jeuffroy M. H., Barbottin A., Barrier C. et al. Performances of five crop models simulating yield and grain protein contents in farmer fields. *Bibliotheca Fragmenta Agronomija Part*. 2006. Vol. 11. P. 295–296.
14. Jones J. W., Hoogenboom G., Porter C. H. et al. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*. 2003. Vol. 18. P. 235–265.
15. Kuchar L., Lipiec J., Rejman J. et al. Simulations of potential yields of spring barley in central-eastern Poland using the CERES-Barley model. *Acta-agrophysica*. 2004. Vol. 3(3). P. 541–551.
16. Landau S., Mitchell R. A. C., Barnett V. et al. Testing winter wheat simulation models' predictions against observed UK grain yields. *Agricultural and Forest Meteorology*. 1998. Vol. 89. P. 85–99.
17. Langensiepen M., Hanus H., Schoop P. et al. Validating CERES-wheat under North-German environmental conditions. *Agricultural Systems*. 2008. Vol. 97. P. 34–47.
18. Lazauskas S., Semaškienė R., Paplauskienė V. Azoto trąšų ir fungicidų įtaka salyklinių miežių įvairių veislių grūdų derliui ir stambumui kontrastingomis meteorologinėmis sąlygomis. *Žemdirbystė*. 2005. T. 92(4). P. 52–65.
19. Metz B., Davidson O. R., Bosch P. R. et al. (eds). *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2007.
20. O'Neal M. R., Frankenberger J. R., Ess D. R. Use of CERES-Maize to study effect of spatial precipitation variability on yield. *Agricultural Systems*. 2002. Vol. 73. P. 205–225.
21. Povilaitis V., Lazauskas S., Mašauskas V. ir kt. Vasarinių miežių derliaus modeliavimo DSSAT v4.0.2.0 modelių galimybės. *Žemdirbystė*. 2008. T. 95(2). P. 88–97.
22. Soltani A., Hoogenboom G. Assessing crop management options with crop simulation models based on generated weather data. *Field Crops Research*. 2007. Vol. 103. P. 198–207.
23. Soussana J., Lüscher A. Temperate grasslands and global atmospheric change. *Grassland Science in Europe*. 2006. Vol. 11. P. 739–748.
24. Staggenborg S., Vanderlip R. Crop simulator models can be used as dryland cropping systems research tools. *Agronomy Journal*. 2005. Vol. 97. P. 378–384.
25. Švedas A., Dabkevičius Z., Kadžiulis L. ir kt. Klimato ir dirvožemio potencialas, jo naudojimas žemės ūkyje. In: *Lietuvos ekologinis tvarumas istoriniame kontekste*. Vilnius, 1999. P. 325–378.
26. Thorp R., DeJonge C., Kaleita L. et al. Methodology for the use of DSSAT models for precision agriculture decision support. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2008. Vol. 64. P. 276–285.
27. Timsina J., Godwin D., Humphreys E. et al. Evaluation of options for increasing yield and water productivity of wheat in Punjab, India using the DSSAT-CSM-CERES-Wheat model. *Agricultural Water Management*. 2008. Vol. 95. P. 1099–1110.
28. Trnka M., Dubrovsky M., Hlavinka P. et al. Czech spring barley production under the climate change. Proceeding. *In transport vody, chemikalii a energie v systeme poda-rastlina-atmosfera*. Bratislava: Ustav Hydrologie. SAV, 2006. P. 95–102.
29. Xiong W., Conway D., Holman I. et al. Evaluation of CERES-Wheat simulation of Wheat Production in China. *Agronomy Journal*. 2008. Vol. 100. P. 1720–1728.

Virmantas Povilaitis, Sigitas Lazauskas, Irena Kriščiukaitienė

SIMULATION OF CEREAL YIELD BY PRESUMPTIVE OF CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN LITHUANIA

Summary

The aim of this study was to estimate the effect of of changing climate on cereal crop – spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.). For this purpose, the most popular computer model DSSAT v4.0.2.0 was used for simulation of cereal crop yield. The DSSAT model has been used in many countries in many different climate conditions. The results of the study showed that temperature may increase by 2 to 6.3 °C. Also, the regime of precipitation will change – it will increase in winter and decrease in summer. According to these results, we chose the following scenarios for spring barley simulating: the air temperature increases by 1, 2, 3 or 4 °C and rainfall will increase or decrease by 15, 30, 45 mm. For the simulation of winter wheat yield, the same increase of temperature and the rainfall increase or decrease by 30 and 60 mm during vegetation season were chosen.

The results of our study showed that if the temperature will increase and the amount of rainfall decrease, it will have a negative influence on the yield of spring barley and less negative on winter wheat. The increase of temperature will reduce the cereal crop vegetation period.

Key words: spring barley, winter wheat, climate change, grain yield, simulation