

Klimatske promjene i proizvodnja žitarica

Rončević, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:426582>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-01**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Lucija Rončević

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

KLIMATSKE PROMJENE I PROIZVODNJA ŽITARICA

Diplomski rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Lucija Rončević

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

KLIMATSKE PROMJENE I PROIZVODNJA ŽITARICA

Diplomski rad

Povjerenstvo za obranu i ocjenu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mirta Rastija, mentor
3. doc. dr. sc. Dario Iljkić, član

Osijek, 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. KLIMA I KLIMATSKI SUSTAV	5
3. KLIMATSKE PROMJENE	6
3.1. Uzroci klimatskih promjena.....	7
3.2. Posljedice klimatskih promjena	8
3.3. Potreba za prilagodbom klimatskim promjenama	12
4. ŽITARICE.....	15
4.1. Podjela žitarica.....	15
4.2. Značaj i uloga žitarica u svijetu	16
5. KAPACITETI I PROIZVODNJA ŽITARICA U SVIJETU	20
5.1. Razlozi gubitka obradivih površina	20
5.2. Kapaciteti i proizvodnja žitarica u Republici Hrvatskoj.....	21
6. STRESNI UVJETI UZROKOVANI KLIMATSKIM PROMJENAMA.....	23
6.1. Pojam stresa	23
7. STRESNI UVJETI U PROIZVODNJI ŽITARICA.....	26
7.1. Utjecaj suše	26
7.2. Interakcija suše i toplinskog stresa	27
8. RANJIVOST POLJOPRIVREDNOG SEKTORA I MOGUĆA RJEŠENJA	30
9. ZAKLJUČAK.....	33
10. POPIS LITERATURE.....	34
11. SAŽETAK	38
12. SUMMARY	39
13. POPIS TABLICA.....	40
14. POPIS GRAFIKONA.....	41
15. POPIS SLIKA	42
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

1. UVOD

Poljoprivreda se, kao jedna od najstarijih ljudskih i gospodarskih djelatnosti, bavi uzgojem biljaka i životinja, prvenstveno radi proizvodnje hrane, a time omogućava čovjeku biološku egzistenciju i daje mnoge druge proizvode značajne za čovječanstvo. Ovom primarnom djelatnošću bavi se i omogućuje si egzistenciju gotovo polovica čovječanstva. Razvojem znanosti i primjenom njezinih otkrića, najprije u industriji (industrijska revolucija), stvoreni su nužni preduvjeti za brži napredak proizvodnje u poljoprivredi.

Međutim, danas je suvremeni svijet suočen s gorućim problemom klimatskih promjena. Klimatski ekstremi, poput čestih suša i poplava, izrazito niske odnosno visoke temperature, nanose velike štete poljoprivredi. Prema podacima Europske komisije (2020.), ugljikov dioksid (CO₂) jedan je od stakleničkih plinova koji najčešće nastaje kao posljedica ljudskih aktivnosti te uzrokuje 63 % globalnog zatopljenja. Njegova je koncentracija u atmosferi trenutno 40 % viša nego na početku industrijalizacije, dok ostali staklenički plinovi također značajno zagrijavaju atmosferu. Metan je odgovoran za 19 % globalnog zatopljenja koje su uzrokovali ljudi, a dušikov oksid za 6 %. Važno je spomenuti da, prema podacima UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) iz 2017. godine, poljoprivreda kao sektor pridonosi s oko 8,72 % u sveukupnim antropogenim globalnim emisijama stakleničkih plinova. Razlog tome bio je zamah konvencionalne poljoprivrede nakon Drugog svjetskog rata koja prevladava još i danas. Kompanije koje su tada proizvodile sintetičke kemikalije za vojne potrebe, pred gubitkom tržišta okretale su se novim potrošačima – poljoprivrednicima (Motik i Šimleša, 2007.). Farmaceutske kompanije iz tog razloga počinju nuditi široki spektar toksičnih kemikalija u obliku pesticida, hormona rasta, mineralnih gnojiva i dr., čija primjena u kombinaciji s teškom mehanizacijom i intenzivnim navodnjavanjem daju visokoprinosne rezultate. Tehnologija i već spomenuti kemijski poljoprivredni preparati izvezeni su u nerazvijene zemlje s ciljem (ili izlikom) zaustavljanja gladi.

Puđak i Bokan (2011.) sa sociološkog aspekta zaključuju kako nije trebalo proći dugo vremena da se „uoče nuspojave ovog instant lijeka za glad, siromaštvo i posrnulu industriju“ te kako su se negativni efekti intenzivne konvencionalne poljoprivredne proizvodnje zapravo globalno proširile. Upravo takva poljoprivreda je, dakle, uz industriju, promet i šumarstvo, najveći onečišćivač okoliša. Nažalost, od ovih je ipak razlikuje jedna bitna činjenica: dok su

industrija i promet samo izvori onečišćenja, ona je istovremeno i izvor onečišćenja, ali i njegova žrtva. Ovakva konvencionalna poljoprivreda dovodi do mnogih negativnih, kako ekoloških, tako i socijalnih i gospodarskih posljedica, poput: gubitak plodnosti tla, smanjenje sadržaja humusa, pojačana erozija, onečišćenje okoliša pesticidima, njihovim derivatima i teškim metalima, onečišćenje podzemnih i drugih voda nitratima i fosfatima i ostalo (Srpak i Zeman, 2018.). S tim u vezi, Znaor (1996.) u svojoj knjizi utvrđuje da je od presudne važnosti suočiti se s ovim problemima te kako ne preostaje drugo osim pronaći rješenja i odgovore je li primjerice ekološka poljoprivreda uistinu samo mit ili znanost i praksa utemeljena na čvrstim znanstvenim i praktičnim dokazima.

Danas, kada nedostatak vode i sve dulja sušna razdoblja s jedne strane, a poplave s druge strane, stvaraju velike gospodarske štete u poljoprivrednoj proizvodnji, važno je objektivno informiranost javnosti o utjecaju regionalnih klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju kao i pravilno gospodarenje vodom za potrebe poljoprivrede. Dosadašnja istraživanja u svijetu ukazuju da utjecaj budućih klimatskih promjena neće biti ujednačen za sve poljoprivredne kulture. Tako će biti moguća pojava nekih novih područja s optimalnim uvjetima za uzgoj određenih kultura, gdje to dosad nije bilo ostvarivo. Na drugim pak područjima, gdje su se tradicionalno uzgajale neke biljne vrste, klimatski uvjeti neće više biti jednako povoljni (Vučetić, 2013).

Otkad postoje klimatska mjerenja, trenutna globalna prosječna temperatura je za oko 0,98 °C viša nego u kasnom 19. stoljeću. Svako od posljednja tri desetljeća bilo je toplije od onih prethodnih. Mišljenja su podijeljena, međutim, vodeći svjetski klimatološki znanstvenici smatraju da su ljudske aktivnosti gotovo sigurno glavni uzrok zagrijavanja koje se očituje od sredine 20. stoljeća. Povišenje od 2 °C u usporedbi s temperaturom u predindustrijskom razdoblju predstavlja prag iznad kojeg postoji mnogo veći rizik od nastanka opasnih i eventualno katastrofalnih promjena u globalnom okruženju. Klimatske promjene rezultiraju topljenjem polova i vječnoga leda što dovodi do povećanja razine mora, ekstremnih vremenskih pojava, narušavanja bioraznolikosti te uništavanja raznih ekosustava, zagađenja zraka, pojavu zdravstvenih problema i ostalo. Navedene ekstreme i pojave sve češće možemo uočiti i u Republici Hrvatskoj. Tako smo u posljednje vrijeme svjedoci vrlo intenzivnih poplava, suša te toplinskih udara, dok je sve rjeđa pojava snijega zimi (Gajšak, 2018.).

Žitarice kao zrnate škrobne biljke imaju glavnu ulogu u ljudskoj prehrani i glavni su izvor ugljikohidrata, a najzastupljenije žitarice na svjetskim oranicama su pšenica, riža i kukuruz. Osim za ljudsku prehranu, imaju višestruku ulogu te se koriste i za hranidbu stoke, za raznoliku industrijsku preradu i drugo.

Na osnovi morfoloških, bioloških i agrotehničkih razlika, dijelimo ih u dvije skupine: strne ili prave žitarice i prosolike žitarice. Općenito, žitarice imaju velike potrebe prema vodi, ali se razlikuju prema načinu, tj. ekonomičnosti iskorištenja vode i transpiracijskom koeficijentu. Kovačević i Rastija (2014.) navode da od pravih žitarica, najviše vode zahtijeva zob, nešto manje pšenica te raž i pšenoraž, a ječam treba najmanje vode. Prosolike žitarice općenito bolje podnose sušu. Izuzetak je riža za koju se smatra da predstavlja osnovnu hranu za trećinu ili čak polovicu ljudske populacije koja zbog specifičnosti uzgoja ima najveće potrebe za vodom, dok kukuruz i sirak ekonomično troše vodu, iako su potrebe ovih biljaka za vodom velike zbog stvaranja velike količine biljne mase po biljci i jedinici površine. Međutim, po pitanju klimatskih promjena u vidu suviška ili vodnog deficita, oba ekstremna slučaja, dakako, nisu povoljna. Primjerice, pšenica je u prvim fazama razvoja (nicanje, početni porast) osjetljiva na ležanje suvišne površinske vode pa kao rezultat nastaje prorjeđivanje usjeva. S druge pak strane, nedostatak vode uzrokuje slabiji rast i usporen razvoj. Osim problema vode, javlja se i problem temperaturnih ekstrema. Prave žitarice znatno su otpornije prema zimi od prosolikih žitarica. Prosolike žitarice ne podnose negativne temperature te kukuruz, kao jedna od njih, nakon faze šest listova ne podnosi temperature ispod 0 °C, a ostale prosolike žitarice su još osjetljivije na niske temperature, što je u skladu s njihovim podrijetlom. Također, pojavom prvog jesenskog mraza prekida se vegetacija kukuruza, ukoliko se to već nije dogodilo ranije uslijed pojave suše i visokih temperatura, što je u posljednje vrijeme sve češća pojava.

U svakom slučaju, svako odstupanje od normalnih uvjeta uzgoja smatra se stresom. Kao posljedica takvog stanja u manjoj je ili većoj mjeri smanjivanje prinosa, a u težim slučajevima zapravo i nemogućnost uzgoja, stoga proizvodnja žitarica u kontekstu klimatskih promjena i prehrane ljudi postaje sve ozbiljniji problem.

Neizbježna je činjenica eksponencijalnog rasta ljudske populacije na Zemlji. Prema procjeni UN-a, predviđa se da će 2025. biti 8,29, a do 2050. godine 9,83 milijardi ljudi na Zemlji. Taj porast najviše će se osjetiti (oko 70 %) u zemljama slabo i srednje razvijene ekonomije, odnosno u siromašnim zemljama. Ovakvo stanje dovest će do suočavanja s nizom izazova.

U Rimu je od 13. do 17. studenoga 1996. godine održan Svjetski sastanak na vrhu o prehrani u svijetu (World Food Summit), na kojem je objavljeno da gladuje 800 milijuna ljudi i da u svakoj minuti od posljedica gladi umire oko 25 osoba. Ujedinjeni Narodi kao razlog porasta broja gladnih u svijetu navode klimatske promjene, pri čemu se ponajprije misli na sve ekstremnije vremenske uvjete – sušu i velike poplave. Prema podacima FAO-a (FAOSTAT, 2018.) pšenica je u svijetu uzgajana na oko 215 milijuna, riža na oko 167 milijuna i kukuruz na oko 194 milijuna hektara. Borlaug i Dowsell (1997.) objavljuju podatke da je u svijetu je proizvedeno 1,970 milijuna tona žitarica 1990. godine, a prognoza potreba za 2025. iznosi 3,970 milijuna tona što je dvostruko više od količina proizvedenih 1990. godine. Za takvu realizaciju, prosječan bi prinos žitarica u svijetu trebao biti povećan s 2,5 t/ha (stanje 1990.) na 4,5 t/ha. U obzir treba uzeti da su površine za proizvodnju hrane ograničene i konstantno se smanjuju pa se rješenje uglavnom nazire u povećanju prinosa po jedinici površine (Kovačević i Rastija, 2014.). Isto tako, pitanje porasta broja gladnih u svijetu u vezi je s političkom voljom da se taj problem riješi, ali te volje očito još nema i malo je vjerojatno da će je i biti. Olesen i sur. (2010.) navode da je posljednjih godina u mnogim europskim zemljama prisutan trend stagnacije odnosno velika varijabilnost prinosa žitarica zbog klimatskih promjena.

Dakle, promjena klime neupitno se i uočljivo odvija. S tim u vezi, zbog nemogućnosti upravljanja prirodnim uzrocima, preostaju naponi čovječanstva da se klimatske promjene ublaže. Europa već reagira smanjenjem emisija stakleničkih plinova i poticanjem drugih naroda da čine isto. Međutim, i da se mjere uspješno provode, klimatske promjene će se i dalje osjećati.

Na temelju svih dosadašnjih činjenica, cilj ovoga rada je opisati elemente klimatskih promjena i njihov utjecaj na proizvodnju žitarica kao glavnog izvora hrane te na osnovi dostupnih podataka analizirati mogućnosti prilagodbe i poboljšanja uzgoja žitarica u stresnim uvjetima uzrokovanim klimatskim promjenama.

2. KLIMA I KLIMATSKI SUSTAV

Prema Brankoviću (2014.) klimu ili podneblje nekog područja u nekom razdoblju definiramo kao skup srednjih ili očekivanih vrijednosti meteoroloških elemenata i pojava. Kako bi se klima nekog područja mogla odrediti te dobiti reprezentativni podaci, potreban je kontinuitet motrenja od obično 30 godina. Klima nije strogo statična već se, kroz neko dulje razdoblje, može mijenjati. Promjenu klime nekog područja treba razlikovati od varijacija unutar nekog klimatskog razdoblja. Isti autor navodi kako je iskustvena spoznaja da dvije uzastopne zime nisu jednake – jedna može biti osjetno hladnija odnosno toplija od druge, stoga takva varijacija još ne ukazuje na klimatske promjene. Međutim, ako nastupi statistički dokazana, značajna i trajna promjena, obično u razdoblju od nekoliko dekada pa sve do milijuna godina, onda se može govoriti o promjeni klime.

Međunarodna meteorološka organizacija (WMO) donosi zaključak (Warszawa, 1935.) da je za dobivanje reprezentativnih podataka potrebno razdoblje od 25 do 35 godina motrenja, a tada se kao standardno razdoblje za utvrđivanje klimatskih normi uzimalo neprekidno razdoblje od 1901. do 1930. godine. Tako se usporedbom 30-godišnjih nizova s podacima određenog standardnog razdoblja mogu izvesti zaključci o eventualnoj promjeni klime u nekom dijelu svijeta. Za današnju usporedbu vremena, još uvijek je relevantan prosjek 1961.-1990. (DHMZ, 2020.). Znanost koja se bavi pručavanjem klime zove se klimatologija. Zaključno, za razliku od klime, svakodnevno vrijeme najjednostavnije je definirati kao trenutno stanje atmosfere na određenom mjestu.

Klimatski sustav sastoji se od niza komponenata i njihovih međudjelovanja, a komponente klimatskog sustava su (Patarčić, 2019.):

- Atmosfera - omotač oko Zemljine površine koji se sastoji od plinova te krutih i tekućih čestica (aerosol)
- Hidrosfera – oceani, mora, rijeke, jezera, površinske i podzemne vode
- Kriosfera - ledenjaci, morski led, led u rijekama i jezerima, smrznuto tlo, snijeg
- Tlo - karakteristike kao što su reljef, vrsta tla i vegetacija definiraju međudjelovanje s drugim komponentama klimatskog sustava
- Biosfera - živa bića na Zemlji

3. KLIMATSKE PROMJENE

Postignut je znanstveni konsenzus o postojanju klimatskih promjena koje su ozbiljna prijetnja zajednicama i ekonomijama u cijelome svijetu. Iako se Zemljina klima uvijek mijenjala, izrazito zamjetan trend zagrijavanja značajniji je od svih promjena u nedavnoj prošlosti.

Prema Državnom hidrometeorološkom zavodu, statistički značajne promjene prosječnog stanja klimatskih veličina koje traju desetljećima i duže, nazivaju se klimatskom promjenom (Patarčić, 2019.) Varijabilnost klime može biti uzrokovana prirodnim čimbenicima unutar samog klimatskog sustava. Primjerice, takvu varijabilnost klime uočavamo u pojavama kao što su El Niño – južna oscilacija ili Sjeverno - atlantska oscilacija. Također, uzrok može biti i velika količina aerosola izbačenog vulkanskom erupcijom u atmosferu ili promjena Sunčevog zračenja koje dolazi do atmosfere i Zemljine površine. Osim navedenih prirodnih čimbenika, u novije vrijeme od velikog su interesa i promjene klime izazvane ljudskim aktivnostima (antropogeni utjecaj na klimu) koje oslobađaju enormne količine stakleničkih plinova, a upravo oni imaju ključnu ulogu u zagrijavanju atmosfere (Slika 1.).



Slika 1. Čimbenici klimatskih promjena

(Izvor: https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeli¶m=klima_promjene#sec2)

3.1. Uzroci klimatskih promjena

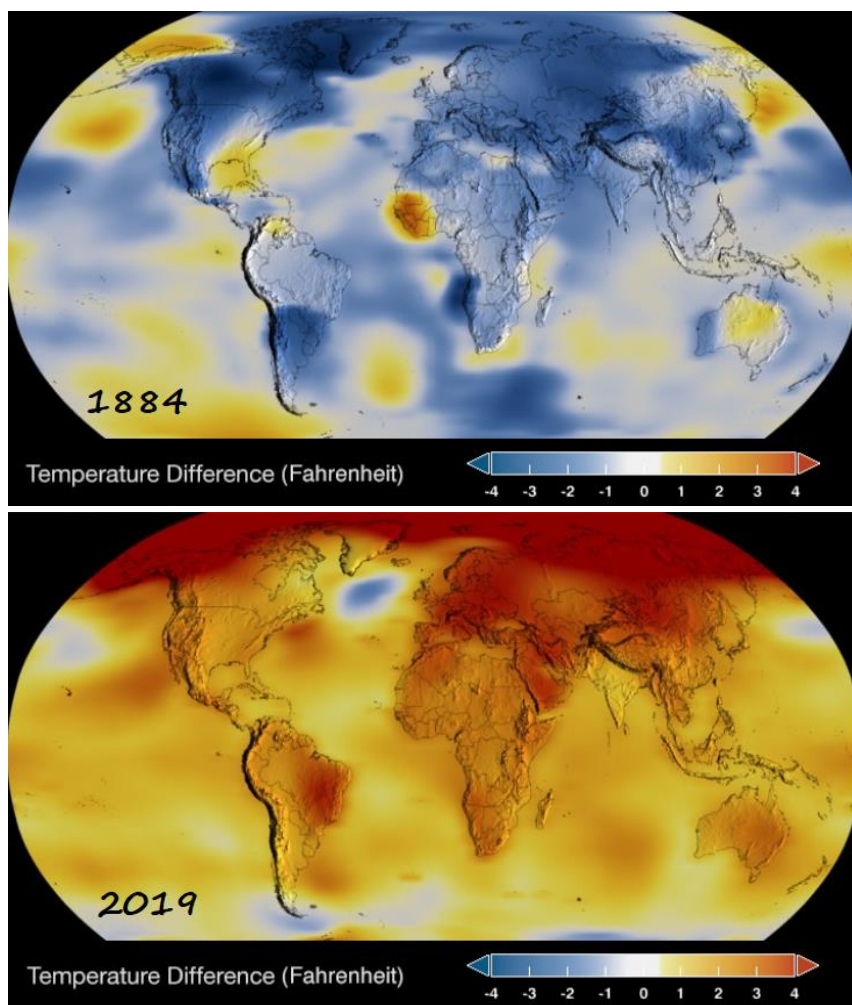
Prema zadnjim mjerenjima iz 2019. godine, NASA (National Aeronautics and Space Administration) objavljuje kako se trenutna globalna prosječna temperatura Zemljine površine povisila za oko 0,98 °C u odnosu na kasno 19. stoljeće (Slika 2.). Kada se govori o uzrocima nastanka klimatskih promjena, mišljenja stručnjaka su podijeljena. Prva teorija zagovara da su klimatske promjene zapravo prirodne pojave koje se događaju ciklički pa čovjek na njih nema utjecaj, dok druga teorija uvjerava u suprotno tj. da je čovjek glavni uzrok klimatskih promjena na Zemlji. Pojava koja se upravo događa je globalno zatopljenje. Na njega se može gledati kao na normalnu cikličku pojavu, no s obzirom na to da se te promjene događaju puno brže nego ikada u prošlosti, sve više znanstvenika dijeli mišljenje da je to posljedica ljudskog djelovanja na okoliš.

Efekt staklenika zapravo je prirodni proces koji pomaže u zagrijavanju Zemljine površine i atmosfere jer su staklenički plinovi sposobni apsorbirati dugovalnu radijaciju koja se emitira sa Zemljine površine. Staklenički plinovi, uključujući vodu (H₂O), ugljikov dioksid (CO₂), dušikov oksid (N₂O), ozon (O₃), freone (CFC) i metan (CH₄) u atmosferi se ponašaju uglavnom kao umjetna atmosfera u stakleniku, stoga je efekt staklenika vrlo važan jer bez njega Zemlja ne bi bila dovoljno topla za život ljudi te bi prosječna temperatura Zemlje bila puno niža (oko -18 °C) od trenutnih 15 °C. No, problem nastaje kada se koncentracija stakleničkih plinova poveća i efekt postane jači, uzrokujući daljnje povišenje prosječnih globalnih temperatura, a to može imati značajne posljedice (Šimac i Vitale, 2012.).

Ljudske aktivnosti (antropogeni utjecaji) postale su dominantna sila najvećim dijelom odgovorna za globalno zagrijavanje zabilježeno tijekom proteklih 150 godina. Uz izgaranje fosilnih goriva, industrijskih procesa, odlaganja otpada, sječe šuma i stočarstvo, poljoprivredna proizvodnja također je jedan od izvora stakleničkih plinova (Jug i sur., 2017.).

Prirodni čimbenici, što se može vidjeti iz pretpovijesnog doba, također mogu imati vrlo jak utjecaj na Zemljinu temperaturu. Isto tako, promjene u Sunčevom zračenju prepoznate su kao jedan od prirodnih uzroka klimatskih promjena. Tu su još i prirodni šumski požari, kojima otpušteni staklenički plinovi apsorbiraju Sunčevu energiju i zagrijavaju atmosferu. Istovremeno, vulkanske erupcije ispuštaju aerosol koji raspršuje dolazno Sunčevo zračenje, uzrokujući učinak hlađenja. Nadalje, pomicanje tektonskih ploča također utječe na globalnu cirkulaciju zraka, određuje oblik i smjer oceanskih struja, a time i prijenos topline i vlage

duž cijele Zemlje. Međutim, već spomenuti antropogeni uzroci klimatskih promjena sve više se očituju i postaju predmet rasprave. Ljudske aktivnosti vezane uz poljoprivredu, opskrbu hranom, sječu šuma, stočarski sektor, gnojidbu, sagorijevanje fosilnih goriva zbog prometa, električne energije, industrije i grijanja domova, u konačnici povećavaju količinu stakleničkih plinova. Upravo količina tih čestica u atmosferi mijenja klimu na Zemlji i dovodi do zatopljenja ili zahlađenja.



Slika 2. Prikaz globalnog zagrijavanja zadnjih 135 godina
(Izvor: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>)

3.2. Posljedice klimatskih promjena

Svjesni stanja globalne klime, 1992. godine 1700 znanstvenika iz čitavog svijeta objavilo je zastrašujuće „upozorenje čovječanstvu“ kojim su nastojali upozoriti ljude na neprilike i opasnosti ako ne obuzdaju svoje aktivnosti koje štete okolišu te potaknuti političke akcije

vezane za sprječavanje crnog scenarija. Godine 2017. izašla je obnovljena verzija ovog „upozorenja“ koju je potpisalo više od 15 000 znanstvenika iz 184 zemlje svijeta. U obnovljenom manifestu originalnog naziva „*World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice*“ znanstvenici ističu da je većina okolišnih izazova navedenih u izvornom manifestu iz 1992. godine, poput smanjenja izvora pitke vode, prekomjernog izlova, naglog pada u biološkoj raznolikosti i neodrživog rasta ljudske populacije, još uvijek neriješena te je sada u daleko gorem stanju. Autori manifesta, između ostalog, navode da smo pokrenuli procese masovnih izumiranja i time mnoge sadašnje oblike života izložili riziku izumiranja do kraja ovog stoljeća. Naglasili su kako će uskoro biti prekasno za promjenu smjera djelovanja, dok vrijeme brzo istječe (Ripple i sur., 2017.). Nadalje, prema FAO (2007.), očekivane posljedice klimatskih promjena ugrubo se mogu podijeliti na biofizičke i socioekonomske, a vezane su uz sljedeće pokazatelje:

- povećana potrošnja vode
- povećan rizik od poplava
- povećan rizik od erozije i pad kvalitete tla
- povećan rizik gubitka vodenih staništa
- izmijenjeni prirodni ekosustavi, gubitak staništa i potencijalni gubitak vrsta
- umanjena produktivnost komercijalnih šuma i povećan rizik od šumskih požara
- negativne posljedice na poljoprivredu uslijed nestašice vode
- izmijenjen potencijal ribarstva
- povećana materijalna šteta uslijed učestalih ekstremnih vremenskih prilika
- izmijenjeni turistički potencijali

U nekim regijama sve češće dolazi do ekstremnih kišovitih vremenskih uvjeta, dok se u drugima javljaju sve intenzivniji toplinski valovi i suše (Slika 3.). Obilne kiše rezultiraju poplavama i smanjenjem kvalitete vode u nekim regijama (Slika 4.). Posljedice klimatskih promjena osjećaju se u svim dijelovima svijeta. Polarne ledene ploče tope se, a razina mora raste zbog čega obalna i niska područja poplavljuju i erodiraju. Izvješće međuvladinog panela o klimatskim promjenama (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2019.*) iznosi podatak da bi razina mora mogla porasti oko 1 metar do 2100. godine ne

smanjimo li emisije stakleničkih plinova. Podizanje razine mora dovest će do velikih plima i valova te vrlo uzburkanih mora za vrijeme jakih oluja, što bi bilo pogubno za milijune ljudi koji žive u obalnim područjima (NN 46/2020).



Slika 3. Ekstremna suša u usjevu kukuruza

(Izvor: <https://geneticliteracyproject.org/2017/11/15/>)



Slika 4. Ekstremna poplava u usjevu pšenice

(Izvor: <https://www.syngenta.co.uk/news/product-update/focus-pgr-recover-wheat-rooting>)

Prema izvješću dobrotvorne organizacije *Christian Aid* iz 2018. godine pod nazivom „*Counting the Cost 2019: A Year of Climate Breakdown*“ - Procjena štete: 2019: godina klimatskog sloma (Kramer i Ware, 2019.), u južnoj i središnjoj Europi sve su češći toplinski valovi i suše, a diljem svijeta sve je više neukrotivih šumskih požara. Požari u sjevernoj Kaliforniji tijekom srpnja i studenog 2018. godine poharali su gotovo 180 000 ha, a život je izgubilo najmanje 85 ljudi. U 2017. godini također je izgorjelo nešto više od 113 000 ha

Santa Barbare i Venture. Ovakvi veliki požari, koji poharaju više od desetak tisuća hektara postat će sve češći i uobičajeni do kraja stoljeća ako emisije stakleničkih plinova nastave rasti.

Sjever Europe postaje pak sve vlažnije područje te bi moglo doći do redovite pojave poplava tijekom zime. Svemu ovome izložena su urbana područja koja su često slabo opremljena za prilagodbu klimatskim promjenama. Međutim, posljedice se najviše osjećaju u mnogim siromašnim zemaljama u razvoju. Stanovništvo ondje u velikoj mjeri ovisi o prirodnom okolišu, a imaju najmanje resursa za nošenje s posljedicama klimatskih promjena (NN 46/2020).

Prema službenim internetskim stranicama Europske unije, sve je vidljiviji i utjecaj klimatskih promjena na zdravlje. U nekim je regijama povećan broj smrti povezanih s vrućinom, dok je u drugima smanjen broj smrti povezanih s hladnoćom. Analiza iz 2017. godine pokazala je da oko 30 % svjetske populacije danas pati od smrtonosnih vrućina najmanje 20 dana u godini. Ako emisije stakleničkih plinova i dalje nastave rasti trenutnim trendom, 74 % svjetskog stanovništva moglo bi doživjeti više od 20 dana smrtonosnih toplinskih valova godišnje. Nadalje, pretpostavlja se da će razina ugljikovog dioksida koja se očekuje do 2050. godine u atmosferi učiniti pšenicu i rižu manje hranjivima. Povećani rizik od nedostatka cinka i ostalih mikrohraniva najviše imaju zemlje u razvoju upravo zbog nižeg standarda života i nemogućnosti raznolike prehrane. Stoga, konzumiranje manje hranjivih žitarica moglo bi rezultirati dodatnim poremećajima i bolestima kod ljudi. Nedostatak cinka mogao bi se javiti kod još 175 milijuna ljudi te utjecati na rast i razvoj i imunološke funkcije, dok bi se manjak proteina javio kod 122 milijuna ljudi, što bi se također odrazilo na smanjenje i poremećaje rasta i razvoja, a zbog smanjenog unosa željeza, javili bi se veći rizici od anemije (Kalebić, 2019.)

Permafrost ili stalno zamrznuto tlo, prepun je patogenih mikroorganizama te bi njegovo topljenje moglo osloboditi zamrznute bakterije i viruse. Izneseni su podaci kako je u Sibiru 2016. godine desetak ljudi hospitalizirano, a dvanaestogodišnjak preminuo nakon izbivanja bakterije antraksa. Njime je također zaraženo više od 2000 sobova. Uz zabrinutost oko povratka nekada zamrznutih patogenih mikroorganizama, trebali bi voditi računa i o širenju zemljopisnog raspona krpelja, komaraca i ostalih „aktualnih“ organizama koji prenose razne bolesti, usljed zagrijavanja Zemlje (Gross, 2019.)

Prema navodima sa službenih internetskih stranica Europske Unije u periodu između 1980. i 2011. godine, više od 5,5 milijuna ljudi pogođeno je poplavama zbog čega je došlo do izravnih gospodarskih gubitaka od preko 90 milijardi eura. Ovakvi gubici predstavljaju velike troškove za društvo i gospodarstvo. Naročito su pogođeni sektori koji u velikoj mjeri ovise o određenim temperaturama i količinama padalina, kao što su poljoprivreda, šumarstvo, energetika i turizam.

Pošto se klimatske promjene relativno brzo odvijaju, brojne biljke i životinje teško se prilagođavaju. Mnoge kopnene, slatkovodne i morske vrste već su se preselile na nova staništa. Predviđa se kako bi Amazona, jedno od mjesta s najvećom bioraznolikošću na Zemlji, mogla izgubiti oko 70 % svojih biljnih i vodozemnih vrsta te više od 60 % svojih ptica, sisavaca i gmazova uslijed klimatskih promjena. Dakle, ako prosječne temperature ne svjetskoj razini budu i dalje nekontrolirano rasle, neke biljne i životinjske vrste bit će izložene povećanom riziku od izumiranja. Iako bi zapravo hladniji dijelovi svijeta mogli imati koristi od klimatskih promjena zbog dužih sezona rasta usjeva, tropske i suptropske regije u Africi, Južnoj Americi, Indiji i Europi mogle bi izgubiti velike dijelove obradivog tla. Isto tako, povećanje razine mora moglo bi preplaviti poljoprivredna zemljišta i izvore pitke vode u obalnim područjima.

Osnovni usjevi kao što su pšenica, riža, kukuruz koji osiguravaju dvije trećine svjetskog unosa kalorija, sve su više osjetljive na promjenu temperatura i oborina te na porast koncentracije ugljikovog dioksida u atmosferi. Sveobuhvatna studija iz 2017. godine pokazala je da će se za svaki stupanj Celzijev više, prosječni svjetski prinosi pšenice smanjiti za 6 %, riže za 3,2 %, kukuruza za 7,4 % te soje za 3,1 % što predstavlja velike gubitke (Zhao i sur., 2017.).

3.3. Potreba za prilagodbom klimatskim promjenama

Staklenički plinovi zadržavaju se dugo u atmosferi nakon što su bili emitirani. Teoretski, kada bi emisija ovoga trena u potpunosti prestala, još bi uvijek dolazilo do nekog stupnja zagrijavanja. S obzirom da većina međunarodnih sporazuma, koji su nastali kako bi se jasno ograničila emisija stakleničkih plinova, dosad nije bila uspješna, treba prihvatiti da je određena količina zagrijavanja neizbježna te je nužno pripremiti se i prilagoditi za izazove koje ono donosi. Prvi korak je identificirati moguće izazove. Međuvladin panel za klimatske promjene (IPCC) definira prilagodbu kao prilagođavanje prirode ili ljudskih sustava kao odgovor na stvarne ili očekivane klimatske promjene (Orlove, 2005.).

Kovačević (2003.) tvrdi kako je zamjetan proces iscrpljivanja svjetskih rezervi hrane pa se aktualiziraju pitanja poput: Kako proizvesti dovoljne količine žitarica za sve veći broj ljudi na Zemlji? Hoće li biti dovoljni dosadašnji poznati i raspoloživi resursi? Postoje li druge mogućnosti u proizvodnji, zahvaljujući suvremenoj znanosti? Vezano uz problem hrane kao ograničenoga izvora, suvremena znanost pruža neka rješenja koja su plod svestranih znanstvenih istraživanja. Takva se istraživanja provode danas svuda u svijetu i sve češće imaju za cilj rješavanje mnogobrojnih problema ishrane rastućeg čovječanstva. Ukoliko se želi preživjeti i napredovati, bit će potrebna prilagodba proizvodnje i ustrajnost u dugačkome i teškome procesu prilagodbe klimatskim promjenama.

Klimatske promjene predstavljaju rastuću prijetnju u 21. stoljeću i izazov za cijelo čovječanstvo jer utječu na sve aspekte okoliša i gospodarstva ugrožavajući održivi razvoj društva. Postoji neupitan znanstveni i politički konsenzus da se klimatske promjene u značajnoj mjeri događaju, a koji je potvrđen usvajanjem niza međunarodnih rezolucija i sporazuma. Tako Pariški sporazum o klimatskim promjenama obvezuje države svijeta prilagođavati se u dva smjera:

1. poduzeti žurne mjere u smanjenju emisija stakleničkih plinova kako bi se porast temperature ograničio na 1,5 °C odnosno na 2 °C u odnosu na predindustrijsko razdoblje
2. poduzeti mjere prilagodbe klimatskim promjenama, kako bi se smanjile štete od klimatskih promjena

Ovaj je sporazum na snazi od 4. studenoga 2016. godine, potvrđen od strane Europske Unije 5. listopada 2016. godine, a od strane Republike Hrvatske 17. ožujka 2017. godine (Narodne novine, 46/2020).

Prilagodba klimatskim promjenama novi je koncept i dugotrajan postupak koji se mora provoditi kontinuirano i planski. Primjerice, stupanj ranjivosti Hrvatske moguće je ocijeniti podatkom da je udio samo poljoprivrede i turizma iznosio jednu četvrtinu od ukupnog BDP-a u 2018. godini (Narodne novine, 46/2020). Prema nekim procjenama u periodu od 2000. do 2007. godine u Republici Hrvatskoj ekstremni vremenski uvjeti nanijeli su poljoprivrednom sektoru štetu od 173 milijuna eura. Posljedično, društva koja na vrijeme ne počnu provoditi mjere prilagodbe, mogu se suočiti s katastrofalnim posljedicama za okoliš i ekonomiju, čime se ugrožava održivi razvoj.

Trošak ulaganja u mjere prilagodbe klimatskim promjenama danas, smanjit će trošak saniranja mogućih šteta u budućnosti. Pri tome su naročito važne inovativne mjere i prilagodbe, koje pridonose jačanju otpornosti na klimatske promjene te ujedno i pridonose smanjenju emisije stakleničkih plinova (eng. *adaptation-mitigation co-benefits*).

Glavni očekivani utjecaji klimatskih promjena koji uzrokuju visoku ranjivost u sektoru poljoprivrede su: promjena vegetacijskog razdoblja ratarskih kultura s naglaskom na žitarice i uljarice; niži prinosi svih kultura i veća potreba za vodom; duži vegetacijski period omogućit će uzgoj nekih novih sorti i hibrida, dok će učestalije poplave i stagnacija površinske vode smanjiti ili posve uništiti prinose. Prema nekim predviđanjima poljoprivreda je sektor koji će pretrpjeti najveće štete od posljedica klimatskih promjena.

Bez pojačanih ulaganja neće se moći postići zadovoljavajući postotak površina pod navodnjavanjem i proizvodnje u zaštićenim prostorima, kao ni značajnije podići razina organske tvari u tlu što će, u odnosu na postojeće stanje, rezultirati smanjenjem poljoprivredne proizvodnje.

Uočeno je da klimatske varijabilnosti već utječu na fenološke faze brojnih poljoprivrednih usjeva, tako da vegetacijsko razdoblje počinje ranije, traje kraće te u konačnici rezultira padom prinosa. Manjak vode u tlu (suša) i povišene temperature zraka u nadolazećem vremenskom periodu bit će dva ključna problema u borbi poljoprivrede s klimatskim promjenama. No, u sektoru poljoprivrede klimatske promjene imat će i neke pozitivne učinke poput omogućavanja uzgoja nekih novih usjeva u područjima na kojima to do sada nije bilo moguće.

4. ŽITARICE

Kao najznačajnija skupina viših biljaka, žitarice su jednogodišnje, zrnate škrobne biljke iz porodice trava (*Poaceae*) čiji plod pšeno služi za prehranu ljudi, hranidbu životinja te kao sirovina u prehrambenoj i mnogim drugim industrijama. Zrno je prvenstveno bogato ugljikohidratima (52 – 70 %) te bjelancevinama (7 – 16 %), celulozom (2 – 11 %), mineralima (0,5 – 3 %) i vitaminima. Najpoznatije žitarice su: pšenica (mekna i tvrda pšenica), kukuruz i riža, ječam, zob, raž i tritikale ili pšenoraž. Osim navedenih, poznate su i sirak, proso te pseudožitarica heljda. Sve su žitarice kroz povijest bile važna namirnica u prehranjivanju čovječanstva te do danas drže titulu najvažnijih ratarskih kultura. Štoviše, može se reći da je svijet i opstao zahvaljujući energiji dobivenoj iz ugljikohidrata žitarica.

4.1. Podjela žitarica

Na osnovi bioloških, morfoloških i agrotehničkih razlika, žitarice se dijele se u dvije skupine: strne ili prave žitarice i prosolike žitarice (Tablica 1.).

Tablica 1: Podjela žitarica

Strne ili prave žitarice	Prosolike žitarice
PŠENICA (<i>Triticum sp.</i>)	KUKURUZ (<i>Zea mays L.</i>)
RAŽ (<i>Secale cereale L.</i>)	PROSO (<i>Panicum miliaceum L.</i>)
TRITICALE (<i>Triticale spp.</i>)	SIRAK (<i>Sorghum vulgare L.</i>)
JEČAM (<i>Hordeum sativum L.</i>)	RIŽA (<i>Oryza sativa L.</i>)
ZOB (<i>Avena sativa L.</i>)	

Treću skupinu čine tzv. „pseudožitarice“ koje zapravo ne pripadaju porodici trava (*Poaceae*) te nemaju nikakve sličnosti niti neke zajedničke zahtjeve za uzgojem kao prave i prosolike žitarice, ali se primarno uzgajaju radi sjemenki koje se koriste na isti način kao i žitarice. U ovu skupinu pripadaju heljda (*Fagopyrum esculentum*), kvinoja (*Chenopodium quinoa*), zrnati šćir (*Amaranthus spp.*) i dr.

U kontekstu klimatskih promjena, važno je naglasiti osnovne biološke razlike između dvije skupine žitarica koje proizlaze iz njihova različitog podrijetla. Naime, prave ili strne žitarice biljke su dugog dana, otpornije su prema zimi i niskim temperaturama, kličaju pri nižim temperaturama, imaju veće zahtjeve prema vodi te postoje ozime i jare forme.

Prosolike žitarice su pak biljke kratkog dana podrijetlom iz tople klimatske zone te bolje podnose sušu (izuzetak je riža) i ekonomičnije koriste vodu; imaju veće potrebe prema toplini, a neotporne su na niske temperature i postoje samo jare (proljetne) forme.

4.2. Značaj i uloga žitarica u svijetu

Po pitanju prehrane stanovništva, žitarice su najznačajnija skupina viših biljaka. Smatraju se temeljem prehrane te su nekad značile napredak i bogatstvo civilizacije. Koriste se u svim krajevima svijeta - negdje kao temelj prehrane (npr. u Kini, Indiji i većini azijskih zemalja), a u nekim krajevima kao prilog glavnom jelu ili sirovina za proizvodnju kruha i pekarskih proizvoda (Slika 5.). Najvrijedniji dio su zrnati plodovi, a kod nekih vrsta jestivo je i lišće. Najčešći oblici u kojima ih konzumiramo su zrno, pahuljice (obrađeno zrno žitarice), brašno (mljeveno zrno) i klice. Nutricionistički gledano, najbolje je konzumirati cijelo zrno žitarice, termički obrađeno ili proklijalo.



Slika 5. Prehrambeni proizvodi dobiveni od žitarica

(Izvor: <https://cathe.com/are-whole-grains-good/>)

Od samih početaka poljoprivrede, žitarice su bile od velike važnosti za zdravlje i prehranu čovječanstva. Prvenstveno su se uzgajale za prehranu ljudi i hranidbu životinja, a njihov veliki značaj održao se do danas. Kao cjelovito zrno, žitarice su bogat izvor ugljikohidrata, ali i proteina, masti, minerala i vitamina. Žitarice daju više hranidbene energije u svijetu od bilo kojeg drugog usjeva, stoga se uzgajaju u većim količinama. Sukladno tome nose i odgovarajuće ime (eng. *Cereals*), koje je nastalo od riječi Ceres - rimske boginje žetve i poljoprivrede. Vrijeme i način uzgoja žitarica varira od zemlje do zemlje, ovisno o nekoliko

faktora, poput stupnja ekonomskog razvoja, karakteristike tala, količine oborina i poljoprivrednih tehnika u poljoprivrednom uzgoju.

Od svih, pšenica (*Triticum aestivum* L.) najvažnija je i najčešća žitarica na svjetskim oranicama. Ima najveće socio-ekonomsko, političko i kulturalno značenje. Kao najraširenije uzgajana u svijetu, potražnja za njom sve je veća, čak i u zemljama koje su klimatski neprikladne za njen uzgoj. Prema višegodišnjem prosjeku, najveći proizvođači su Kina, Indija, SAD i Rusija (FAO, 2019.). Najčešći je odabir za dobivanje brašna i izradu kruha te sličnih proizvoda. Prema vremenu sjetve, razlikujemo ozimu i jaru pšenicu. Ozima pšenica otpornija je na niske temperature, dok jara bolje podnosi visoke temperature i sušu (Gagro, M., 1996.).

Pšenicu razlikujemo i po kvaliteti zrna. Najčešća je tzv. obična ili meka pšenica (*Triticum aestivum*). Osim meke pšenice, važno je spomenuti i tvrdu pšenicu (*Triticum durum*) koja u usporedbi s običnom pšenicom, sadrži veću količinu bjelančevina i obično se koristi za izradu tjestenine.

Obična ili meka pšenica, zahvalna je pri izradi namirnica zbog glutena te se od nje se radi kruh, pecivo, tjestenina, pahuljice, krupica i drugi pšenični proizvodi. Pšeničnim kruhom i sličnim proizvodima hrani se oko 70 % svjetskog stanovništva. Bogat je vitaminima kompleksa B, sadrži za ljudski organizam važne elemente (kalcij, fosfor i željezo). Pšenične mekinje i otpaci koje predstavljaju sporedni proizvod pri složenoj meljavi - od omotača, klice i aleuronskog sloja, koriste se u stočarstvu kao cijenjena koncentrirana hrana. Slama može služiti za izradu papira, celuloze, građevinskih ploča i ostalog. Nadalje, kao najvažniji artikl u međunarodnoj trgovini, pšenica ima veliki strateški značaj za svaku državu, ali je vrlo značajna u nizu industrija: mlinarskoj, prerađivačkoj i prehrambenoj industriji, stočarskoj, pivarskoj, farmaceutskoj industriji i dr.

Nakon pšenice, kukuruz (*Zea mays* L.) je druga najzastupljenija kultura na svjetskim oranicama. Prema višegodišnjem prosjeku, najveći proizvođači su SAD, Kina, Brazil i Argentina (FAO, 2019.). S obzirom na najveći potencijal rodosti od svih žitarica, najistraženija je biljna vrsta u genetici. Od svih žitarica kukuruz karakterizira najveći potencijal rodosti. U svijetu su zabilježeni prinosi suhog zrna od 25 t/ha, a u Hrvatskoj od 18 t/ha. Svi dijelovi biljke kukuruza iskoristivi su, bilo kao hrana (ljudska i stočna) ili za industrijsku preradu. To kukuruzu daje poseban ekonomski značaj. Moguće ga je koristiti

kao sirovinu i proizvesti više od 1000 raznih proizvoda, uključujući i lijekove. Ima poseban značaj u stočarstvu, bilo kao zrno ili silaža cijele biljke.

Zbog svih navedenih razloga te zbog lakog uzgoja kukuruz se proširio i izvan optimalnog područja uzgoja pa se danas sije i u zemljama gdje ga ranije nisu poznavali, potiskujući tako pšenicu i ostale ratarske kulture. Kukuruz se može uzgajati u različitim klimatskim područjima: tropski pojas, hladniji predjeli, vlažnija područja, (semi)aridna područja te visinska područja do 3000 m. Prema karakteristikama zrna uobičajena je podjela na devet podvrsta, a najveći gospodarski značaj imaju zuban, tvrdunac, šećerac i kokičar.

Riža (*Oryza sativa* L.) je uz pšenicu i kukuruz jedna od tri vodeće žitarice u svijetu (Slika 6.). Riža je osnovna hrana velikoga dijela stanovništva subtropskih i tropskih predjela Azije i Afrike pa su najveći proizvođači Kina, Indija, Indonezija i Bangladeš. Za njen uspješan uzgoj važna je dovoljna količina vode jer se uglavnom uzgaja kao monokultura na rižinim poljima u vodi. Zrno je bogato ugljikohidratima, a siromašno je bjelančevinama. Lako je probavljiva i ima visok koeficijent iskoristivosti, međutim jednolična prehrana tzv. poliranom rižom zbog manjka bjelančevina, nedostatnog unosa vitamina B1 i manjka minerala nije prihvatljiva.

Za prehranu koristi se oljuštena u različitim stupnjevima dorade. Prerodom neoljuštena zrna izdvajaju se pljevice, rižino brašno, klice i izlomljena zrna. Rižino je brašno koncentrat za prehranu stoke, a klice su odlična hrana za piliće. Od izlomljenih rižinih zrna proizvodi se alkohol, pivo, škrob i dr. Japansko alkoholno piće sake dobiva se vrenjem rižina koma. Od riže se dobiva najkvalitetniji škrob i fini puder. Rižinom slamom hrani se stoka, od nje se izrađuju prostirke, cigaretni i drugi papir, a služi i za pletenje različitih predmeta (Stopić, 2017.). Iako je bijela riža dugog zrna najpoznatija i najrasprostranjenija na svijetu, postoji zaista veliki broj različitih vrsta riže, čak preko 40 000, koje se koriste u prehrani.



Slika 6. Tri najzastupljenije žitarice u svijetu

(Izvor: <https://www.world-grain.com/articles/>)

Ječam (*Hordeum vulgare* L.) se rjeđe koristi u ljudskoj prehrani, osim u zemljama gdje teže uspijeva pšenica, uglavnom u planinskim. Po pitanju ječma, višegodišnji podaci izdvajaju Rusiju, Njemačku, Kanadu i Francusku kao najveće proizvođače. Ječmeni kruh je tvrd, zbijen, sladunjav, lošeg mirisa i okusa, brzo se osuši, a za prehranu ljudi ječam se više koristi kao kaša, griz i pahuljice. Postoje tri podvrste ječma od kojih je višeredni ječam značajan u hranidbi životinja pa se dodaje u koncentrirane krmne smjese. Nadalje, u industriji piva i viskija dvoredni ječam, osobito jari, također ima posebnu važnost, jer se od njega dobiva kvalitetan slad koji pivu i viskiju daje jačinu i posebnu kakvoću. Osim u proizvodnji alkohola, koristi se i za dobivanje octa, kvasca, škroba i drugih proizvoda. Prženi ječam može služiti i kao nadomjestak kavi. Velika je i agrotehnička važnost ječma jer se ranije sije i ranije dozrijeva, može se proizvoditi u višim planinskim predjelima, što omogućuje bolje uklapanje ječma u strukturu proizvodnje, bolje iskorištenje tla, strojeva i ljudi. Ječam se rano žanje pa se nakon njega mogu proizvoditi postrne kulture za zrno, krmu, silažu ili zelenu gnojidbu. Ostavlja dovoljno vremena za kvalitetnu obradu tla, gnojidbu i sjetvu ozimih kultura.

5. KAPACITETI I PROIZVODNJA ŽITARICA U SVIJETU

Površina Zemlje iznosi 510 100 000 km² od čega na kopno otpada 149,4 milijuna km² (14,9 milijardi hektara) ili 29,3% ukupne Zemljine površine. Ostatak od 70,7% ili 360 700 000 km² čine oceani i mora. Postoje različite procjene površina zemljišta koja su namijenjena za poljoprivrednu proizvodnju. Prema bazi podataka oko 11,06 % od ukupne površine kopna obradivo je zemljište što je oko 1,6 milijardi hektara (FAO, 2016.).

Žitarice imaju bitnu ulogu u ljudskoj prehrani pa se površine pod ovim kulturama u svijetu kreću na površinama od oko 700 milijuna hektara. Prema izvoru podataka (FAOSTAT 2018.), tri najzastupljenije ratarske kulture u svijetu su: pšenica uzgajana na oko 215 milijuna hektara, riža na oko 167 milijuna i kukuruz na oko 194 milijuna hektara. Oko 40 % poželjivene površine pšenice nalazi se u Aziji, a udio Europe u tom pogledu je oko 30 %. Po pitanju kukuruza oko 30 % poželjivene površine zauzima Azija, 50 % Sjeverna i Južna Amerika, te oko 10 % Europa, dok je riža na svjetskim oranicama zastupljena na gotovo 90 % površina u Aziji, a manje od 1 % u Europi (FAO, 2019.). Ukupna godišnja poljoprivredna proizvodnja hrane u svijetu procjenjuje se na oko 8 milijardi tona, od čega se proizvodnja žitarica procjenjuje na oko 3 milijarde tona godišnje.

5.1. Razlozi gubitka obradivih površina

Udio obradive površine po glavi stanovnika (*per capita*) jedan je od pokazatelja mogućnosti prehrane ljudi nekog područja. Prema sadašnjoj razini ostvarenih prinosa i njihovog iskorištenja za svakog stanovnika Zemlje potrebno je 0,40 ha kako bi se zadovoljile normalne potrebe organizma za hranom. Svjetski je prosjek 2009. godine iznosio 0,20 ha, od čega na razvijene zemlje otpada 0,48 ha po glavi stanovnika, a na zemlje u razvoju samo 0,19 ha. Nagli porast broja stanovnika i promjena navika potrošnje stvoriti će znatan stupanj dodatne potražnje što će uzrokovati pritisak na resurse obradivih površina. Nestanak obradivih površina rezultat je niza ljudskih i klimatskih faktora, uključujući degradaciju tla, klimatske promjene, ograničenja tla, urbanizaciju te nejednaku raspodjelu zemljišta. Trenutno se oko 11 % (više od 1,6 milijardi hektara) svjetske kopnene površine koristi za biljnu proizvodnju dok oko 2,7 milijardi hektara zemljišta ima potencijal za proizvodnju usjeva, koncentrirano u Južnoj i Srednjoj Americi i podsaharskoj Africi (Folnović, 2020.)

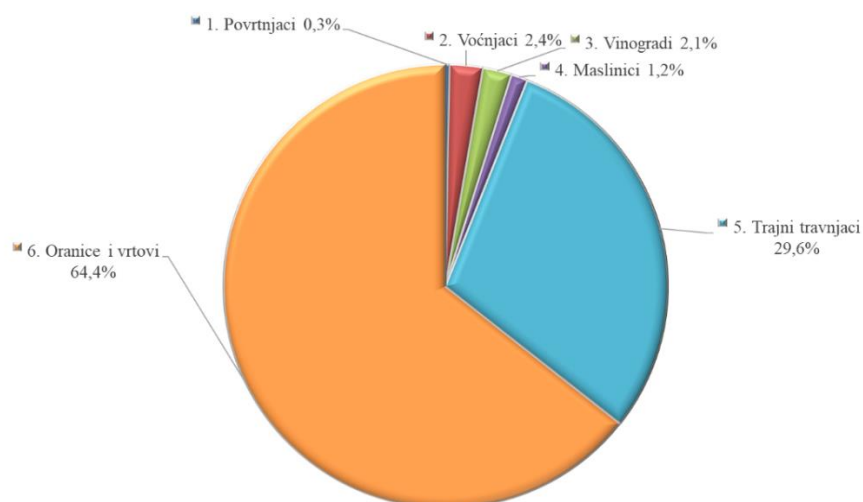
Degradacija tla konvencionalnim načinom proizvodnje nije jedini razlog za smanjenje obradivih površina. Postoji niz klimatskih, okolišnih i ljudskih čimbenika od kojih svi imaju

značajan utjecaj na raspoložive obradive površine. Procjenjuje se da se zapravo 1,8 milijardi hektara potencijalno obradivog zemljišta nalazi u zemljama u razvoju, gdje je ubrzan rast populacije što znači da će pritisak potražnje za hranom pa tako i žitaricama, u budućnosti biti značajan. Neka od rješenja su: stvaranje više obradivih površina, povećanje proizvodnih kapaciteta postojećih površina i očuvanje poljoprivrednog zemljišta.

5.2. Kapaciteti i proizvodnja žitarica u Republici Hrvatskoj

Po pitanju Republike Hrvatske, podjela poljoprivrednih površina razlikuje osam kategorija: oranice i vrtovi, povrtnjaci, trajni travnjaci (livade i pašnjaci), voćnjaci, vinogradi, maslinici, rasadnici i košaračka vrba. Smatra se da Republika Hrvatska raspolaže s oko 2,9 milijuna hektara ukupnih poljoprivrednih površina, dok je potencijalni kapacitet obradivih površina oko 2,1 milijuna hektara. U posljednjih devetnaest godina (prosječno 2000. – 2018.) prema Državnom zavodu za statistiku (DZS) važe sljedeći podaci: koristi se tek oko 1,3 milijuna ha poljoprivrednih površina, međutim od 2013. godine pa do danas, uočava se povećanje korištenih površina na oko 1,5 milijuna hektara. Nadalje, Hrvatska raspolaže prosječno s oko 860 000 ha oranica što čini 65 % oranica i vrtova (Grafikon 1.), od čega je kukuruz ugajan na oko 288 000 ha, pšenica na oko 165 000 ha, a ječam na oko 56 000 ha. Prosječan prinos kukuruza iznosi 6,3 t/ha, pšenice 4,8 t/ha, ječma 3,8 t/ha, a površine i prinosi ostalih žitarica u Republici Hrvatskoj prikazani su u Tablici 2.

Kategorije poljoprivrednog zemljišta



Grafikon 1. Postotni udio korištenoga poljoprivrednog zemljišta po kategorijama u Republici Hrvatskoj (prosjeak 2000. – 2018.)

(Izvor: Statistička baza podataka Državnog zavoda za statistiku, 2020.)

Tablica 2: Požnjevene površine (ha) i prinosi (t/ha) najvažnijih ratarskih kultura u Hrvatskoj (prosjeak 2000. do 2018.)

Žitarica	Žetvene površine (ha)	Prinos (t/ha)
Kukuruz	290 000	6,3
Pšenica	165 000	4,8
Ječam	56 000	3,8
Zob	24 000	2,8
Tritikale	11 000	3,8
Raž	1700	2,9

(Izvor: Statistička baza podataka Državnog zavoda za statistiku, 2020.)

Aklimatizacija predstavlja prilagodbu i jačanje otpornosti na stres nakon kraćeg izlaganja nepovoljnom utjecaju, dok se adaptacija odnosi na genetski određen stupanj otpornosti na stres. Općenito, biljke su izložene mnogim oblicima stresa okoliša čiji intenzitet mogu tolerirati. Kad je taj prag stresa prekoračen, biljke će trpjeti stres, no ukoliko je stres dovoljno jak, biljka može odumrijeti. Dok jedno biološko stanje može biti stresno za jednu biljku, ono istovremeno može biti optimalno za drugu (Vukadinović i sur., 2014.).

Kao sesilni organizmi biljke su na udaru promjenjivih i često vrlo nepovoljnih vremenskih prilika koje su izazvane klimatskim promjenama kao što su suša, visoke temperature, iznenadne poplave ili izloženost niskim temperaturama. Procjenjuje se da su značajni gubitci u poljoprivrednoj proizvodnji čak preko 50 % uzrokovani upravo tim čimbenicima odnosno abiotiskim stresom čime je ugrožena sigurnost i proizvodnja hrane diljem svijeta. Upravo ova vrsta stresa ima najveće ograničenje u biljnoj proizvodnji pa tako i proizvodnji žitarica, a uz sve izraženije, kako globalne, tako i lokalne klimatske promjene, situacija se ubrzano pogoršava. Naime, suša i visoke temperature nedvojbeno su dva najvažnija stresa koji imaju ogroman utjecaj na rast i produktivnost usjeva, međusobno su povezani te se najčešće događaju istovremeno. Od ostalih stresova važno je spomenuti i utjecaj suviška vode te niske temperature.

U poljoprivrednoj proizvodnji stres je danas višestruko uvećan i to kao posljedica moderne poljoprivrede i masovne upotrebe mehanizacije i kemijskih sredstava, koja se intenzivno koriste u proizvodnji. Pored pozitivnih strana, pojavile su se i one negativne koje su naročito vidljive pri nepravilnim rukovanjem blagodatima moderne poljoprivrede.

Biljke ostvaruju normalan rast i razvoj kada se nalaze u optimalnim uvjetima, međutim, danas taj optimum nije svakodnevna situacija. Veći dio svog života nalaze se pod utjecajem vanjskih faktora nepovoljnih za razvoj, koji su u posljednje vrijeme sve češći. Ekološki optimum i fiziološki optimum za razvoj biljaka nisu uvijek u podudarnosti te ovakvi uvjeti rezultiraju različitim vrstama stresa.

Nastavno na prethodnu definiciju, pod stresom se podrazumijeva promjena bilo kojeg okolišnog činitelja koji može rezultirati promjenama i oštećenjem kod biljaka. Dakle, takva situacija prouzrokuje niz fizioloških promjena u biljci koja pokušava neutralizirati i sačuvati svoje osnovne vitalne funkcije. U biljnom organizmu postoje brojne obrambene reakcije i mehanizmi koji omogućavaju preživljavanje u nepovoljnim uvjetima. U svakom slučaju, otklon od normalnih uvjeta uzgoja smatra se stresom, a kao posljedica takvog stanja u manjoj

je ili većoj mjeri smanjivanje prinosa, a u težim slučajevima i nemogućnost uzgoja (Kovačević i Rastija, 2014.).

U svezi niskih temperatura, pri naglom padu temperature u stanicama i tkivima formiraju se kristalići leda koji mogu dovesti do raznih oštećenja, a u krajnjem slučaju i do ugibanja biljaka. S druge pak strane, visoke temperature povećavaju transpiraciju, dovode do denaturacije proteina, deaktivacije enzima, smanjenja ili prekida fotosinteze te prestanka rasta i razvoja.

Zbog svih navedenih činjenica, pojave nepovoljnih klimatskih uvjeta sve su češći predmet istraživanja i rasprave u svijetu te se znanstvenici raznih profila, od biokemičara, molekularnih biologa, genetičara, agronoma, do biljnih fiziologa bave istraživanjima mehanizama prilagodbe biljaka na abiotski stres.

7. STRESNI UVJETI U PROIZVODNJI ŽITARICA

Postojeća koncentracija ugljikovog dioksida (CO₂) u atmosferi osnovni je faktor za proces fiksacije kod biljaka, tako da se rast CO₂ u atmosferi može uzeti kao jedan pozitivan utjecaj klimatskih promjena. Naime, povišeni CO₂ utječe na način da ubrzava proces fotosinteze, smanjuje provodljivost stoma, a time povećava udio ugljika, rast biljaka, korištenje vode čime dobivamo veći broj i prinos zrna. Međutim, s druge strane, poznato je da smanjena stomatalna provodljivost podrazumijeva i smanjeno transpiracijsko hlađenje što rezultira povišenjem temperature usjeva te dovodi do toplinskog stresa.

7.1. Utjecaj suše

U SAD-u, 40-godišnja istraživanja šteta nastalih uslijed različitih stresova pokazuju da se na prvom mjestu nalazi suša, slijede visoke temperature, a treće mjesto zauzima suvišak vode. Dakle, nepredvidljiva suša može se smatrati najvećim problemom u proizvodnji hrane. Koliko su veliki zahtjevi biljaka za vodom najbolje pokazuje činjenica da biljke C-3 tipa fotosinteze zahtijevaju 1 kg vode za sintezu 1,3 do 2,0 g suhe tvari (500-750 kg vode za 1 kg suhe tvari), dok su C-4 biljke dvostruko efikasnije, primjerice kukuruz (Vukadinović i sur., 2014.)

Efekt suše zapaža se kad je opskrba biljaka vodom ograničena (nedostatak raspoložive vode u tlu) ili kad biljke gube transpiracijom više vode nego li korijen može usvojiti, što se često događa kod visokih temperatura. Štete od suše nepredvidive su, jer ovise o više faktora: o rasporedu oborina, odnosno nedostatku vode u kritičnim fenofazama (npr. oplodnja, nalijevanje zrna itd.), sposobnosti zadržavanja vlage u tlu (tzv. retencijski kapacitet tla za vodu) i gubitku vode evapotranspiracijom. Naime, suša čini štetu na način da biljke ne usvajaju dovoljnu količinu vode i hraniva što se odražava na fotosintezu i raspodjelu asimilata unutar biljaka. Međutim, reakcija biljaka na sušni stres vrlo je složena jer je suša usko povezana sa smanjenim usvajanjem biogenih elemenata i njihovim transportom, što se odražava na cjelokupan metabolizam biljke (Vukadinović, 2017.).

Prema nekim istraživanjima suša može umanjiti prinos kukuruza čak do 90 %, a pšenice do 60 %. Suša u nalijevanju zrna žitarica (baš kakva prevladava na istoku Hrvatske) značajno snižava prinos. Naime, proces nalijevanja zrna žitarica reguliraju četiri glavna enzima, a njihova smanjena aktivnost u sušnim uvjetima ima jak negativan utjecaj na prinos glavnih žitarica.

Usjevi žitarica vrlo su osjetljiviji na sušu tijekom faze reproduktivnog rasta (Barnabás i sur., 2008.). Sušni stres u fazi nalijevanja zrna kod žitarica ubrzava starenje listova pri čemu se smanjuje konačna masa zrna. Neki od mehanizama tolerancije povezani su sa stomatalnom provodljivošću, fotosintetskom sposobnošću, raspodjelom i remobilizacijom hraniva te dubinom korijenovog sustava (Serraj i Sinclair, 2002.).

7.2. Interakcija suše i toplinskog stresa

Suša i visoke temperature najčešće se istodobno događaju u poljskim uvjetima, posebno tijekom završnih vegetacijskih faza kod žitarica. Njihov kombinirani negativan utjecaj znatno je veći od pojedinačnih učinaka (Allen i sur., 2010.).

Postojeća koncentracija ugljikovog dioksida (CO₂) u atmosferi osnovni je faktor za proces fiksacije kod biljaka, tako da se porast njegove koncentracije u atmosferi može uzeti kao jedan pozitivan utjecaj klimatskih promjena, no već je ranije navedeno da smanjena stomatalna provodljivost podrazumijeva i smanjeno transpiracijsko hlađenje zbog čega može doći do toplinskog stresa.

Visoke temperature izazivaju denaturaciju proteina, desikaciju i pojačano disanje. Temperatura od oko 50 °C izaziva koagulaciju bjelančevina, a već pri 35-40 °C biljni organi mogu denaturirati zbog narušavanja fiziološko biokemijskih procesa u pravcu sinteze otrovnih tvari (Vukadinović, 1999.).

Dosadašnja razna istraživanja pokazuju da za svaki stupanj porasta temperature, globalni prinos pšenice pada za 6 %. Premda se zbog globalnog zatopljenja povećava biljna proizvodnja u hladnijim klimatskim regijama, ukupni utjecaj na globalnu proizvodnju hrane još uvijek je negativan.

Visoke temperature sve su češće te maksimalne temperature za lipanj, srpanj, kolovoz često prelaze 35 °C, mjereno u hladu, dok su unutar usjeva žitarica i na površini tla znatno više. Istovremeno, u tlu se može nalaziti dovoljno vode, ali se biljke ipak ne mogu dovoljno rashladiti transpiracijom (Vukadinović, 2018.).

Toplinski stres kod pšenice uzrokuje manji žetveni indeks. Kukuruz reagira padom prinosa već iznad 32 °C zbog čega se unazad 50 godina toplinski stres smatra jednako štetnim kao i suša (Hawkins i sur., 2013.). Isti autori navode kako se u Francuskoj broj vrućih dana (iznad 32°C) u prosjeku od 1960-ih predviđa na oko 10 dana za razdoblje 2016. – 2035. Za neke se

čak regije pod velikom proizvodnjom kukuruza očekuje i do 15 takvih dana tijekom ljeta. Rješenje vide u poboljšanoj tehnologiji proizvodnje koja bi povećala bazne prinose za 12 % iznad trenutnih i time održavala sigurne prinose kukuruza.

Jedan od razloga pada prinosa je osjetljivost žitarica na visoke temperature u fazi nalijevanja zrna. Toplinski stres općenito ubrzava nalijevanje zrna i skraćuje trajanje same faze smanjujući time nakupljanje suhe tvari tj. konačni prinos zrna. Farooq i sur. (2011.) poboljšanje prinosa zrna pod spomenutim uvjetima pronalaze u odabiru prikladnih odnosno otpornih genotipova. Također, tijekom toplinskog stresa može doći do smanjene mase korijenovog sustava i smanjenog usvajanja hraniva što rezultira padom prinosa kod žitarica. Almeselmani i sur. (2012.) navode kako je stres izazvan visokim temperaturama glavni okolišni stres koji limitira proizvodnju pšenice. Istraživanjem učinka produženog toplinskog stresa na tolerantan i osjetljiv genotip pšenice u kontroliranim uvjetima zaključuju da manja razina fotosinteze i veća respiracija dovode do manje akumulacije biomase i produktivnosti kod genotipa osjetljivog na toplinski stres. Gupta i sur. (2013.) proučavali su učinak kratkotrajnog toplinskog sresa na razvoj, fiziološke procese i antioksidativnu reakciju kod deset genotipova pšenice u fazi nicanja. Rezultati su pokazali da među istraživanim genotipovima postoji varijabilnost u pogledu mehanizma tolerantnosti na toplinski stres te da se pojedini genotipovi mogu koristiti u daljnjim oplemenjivačkim programima za stvaranje kultivara pšenice tolerantnih na toplinski stres. Byjesh i sur. (2010.) razmatrajući osjetljivost kukuruza, kao treće najznačajnije žitarice u Indiji, na klimatske promjene zaključuju da bi razvoj novih kultivara u promijenjenim klimatskim scenarijima mogao biti korisna strategija prilagodbe za smanjivanje osjetljivosti proizvodnje kukuruza.

Kukuruz je osobito osjetljiv na sušu i visoke temperature tijekom cvatnje, oplodnje i formiranja zrna. U našim uvjetima često se ova dva stresna činitelja pojavljuju u kombinaciji upravo u tim najosjetljivijim fazama, što može dovesti do značajno nižeg prinosa zrna. U uvjetima dovoljne vlažnosti, kukuruz može u tim fazama podnijeti visoke temperature, ali to uglavnom nije slučaj kod nas, jer se tijekom ljetnih mjeseci visoke temperature zraka i suša najčešće pojavljuju zajedno, što je i glavni ograničavajući činitelj postizanja viših prinosa, osobito na području istočne Hrvatske. Zbog toga je u Hrvatskoj prisutno i veliko variranje prosječnog prinosa kukuruza koje je u razdoblju od 2000. do 2018. godine iznosilo od 4,1 do 9,1 t/ha (DZS, 2018.).

Npr. godine 2012. prosječan je prinos kukuruza iznosio samo 4,3 t/ha, što je niže od prosječnog prinosa pšenice. Navedene godine je ljeto kao cjelina (razdoblje lipanj - kolovoz) prema podacima srednje temperature posvuda bilo zamjetno toplije od prosjeka (iznos od 2,8 do 4,3 °C) i statistički je obilježeno kao ekstremno toplo ljeto, s obzirom na temperaturni prosjek u razdoblju 1961.-1990. U Zagrebu, prema podacima meteorološke postaje na Griču, gdje se mjerenja temperature zraka obavljaju od prosinca 1861., srednja je ljetna temperatura te godine iznosila 24,4 °C. Samo je ljeto godine 2003. godine, sa srednjom temperaturom 24,6 °C, bilo toplije, i to neznatno. Nadalje, uz visoke temperature prinose je pogoršala i suša koja je bila izazvana dugotrajnim razdobljem bez kiše (DHMZ, 2020.).

Pokazalo se da se najveći prinosi kukuruza u Hrvatskoj ostvaruju u godinama s iznadprosječnim temperaturama zraka u početnom dijelu vegetacije, a ispodprosječnim temperaturama u intenzivnom porastu i tijekom reproduktivnog razdoblja (Kovačević i Rastija, 2014.). Suša u kombinaciji s visokim temperaturama zraka tijekom cvatnje (prašenja metlice i svilanja) i oplodnje ima za posljedicu veći udjel sterilnih cvjetova, kraća je biološka aktivnost polena i svile, produžava se razdoblje između cvatnje metlice i klipa, tj. odgađa se svilanje. Zbog suše i visokih temperatura svilanje može kasniti za cvatnjom metlice i više od 10 dana, što rezultira nepotpunom oplodnjom klipa. U fazi formiranja i nalijevanja zrna ovi uvjeti uzrokuju pojavu kraćeg i „nedovršenog“ klipa, a zbog kraćeg trajanja nalijevanja zrna manja je masa zrna, odnosno prinos.

Važno je istaknuti kako je u uvjetima toplinskog stresa usvajanje sva tri glavna elementa ishrane (N, P i K) otežano, a prema nekim podacima, visoke temperature na taj način mogu umanjiti prinos kukuruza do 45 % te pšenice do 30 % (Vukadinović, 2018.).

8. RANJIVOST POLJOPRIVREDNOG SEKTORA I MOGUĆA RJEŠENJA

Budući da je trenutačno Zemlja u fazi globalnog zatopljenja, mogu se očekivati sve veće štete od visokih temperatura, a procjene pada prinosa u svijetu s povišenjem temperature za svaki 1°C kreću se i do 17 %. Već je spomenuto kako se po svojim štetnim utjecajima suša nalazi na prvom mjestu, ekstremne temperature na drugom te suvišak vode na trećem. Dakle, nepredvidljiva suša trenutno se može smatrati najvećim problemom u proizvodnji hrane, kako u svijetu, tako i u Republici Hrvatskoj (Vukadinović i sur., 2014.). Prema procjenama Hrvatskog sabora, objavljenim u Narodnim novinama (NN 46/2020), očekuje se da će zbog klimatskih promjena do 2050. godine prinos trenutačnih poljoprivrednih kultura u Republici Hrvatskoj pasti za 3 – 8 %. Nadalje, u Strategiji prilagodbe klimatskim promjenama, donesenoj 2020. godine, navodi se kako su sve dulja i češća sušna razdoblja, olujni vjetar, poplave, tuča, požari, kao i sve veća ugroženost poljoprivrednih kultura od toplinskog stresa tijekom posljednjih desetljeća, jasan signal da se trebaju početi provoditi mjere prilagodbe klimatskim promjenama. Prema njihovim podacima suša je u ljetnim mjesecima bila u razdoblju od 1980. – 2014. godine najveći uzrok šteta koje hrvatskoj poljoprivredi nanosi klimatska varijabilnost, dok je u razdoblju od 2013. – 2016. godine prouzrokovala štetu od ukupno 3 milijarde kuna, što je jednako 43 % izravnih potpora isplaćenih za poljoprivredu u istom razdoblju. Glavni očekivani utjecaji klimatskih promjena koji uzrokuju visoku ranjivost u sektoru poljoprivrede su: promjena vegetacijskog razdoblja ratarskih kultura s naglaskom na žitarice; veća potreba za vodom; dok će učestalije poplave i stagnacija površinske vode smanjiti ili posve uništiti prinose svih kultura. Utjecaji i izazovi koji uzrokuju visoku ranjivost poljoprivrede kao i moguća rješenja navedena su u Tablici 3.

Tablica 3. Ranjivost poljoprivrednog sektora te mogući odgovori za smanjenje visoke ranjivosti

Utjecaji i izazovi koji uzrokuju visoku ranjivost	Mogući odgovori za smanjenje visoke ranjivosti
<ul style="list-style-type: none"> • promjena trajanja/duljine vegetacijskog razdoblja poljoprivrednih kultura i niži prinosi • veća potreba za vodom za navodnjavanje zbog učestalih suša • duži vegetacijski period omogućit će uzgoj nekih novih sorti i hibrida • učestalije poplave i stagnacija površinske vode – koje će smanjiti ili posve uništiti prinose • smanjenje prirasta, kvalitete animalnih proizvoda i poremećaji u reprodukciji, pojava novih bolesti 	<ul style="list-style-type: none"> • jačanje kapaciteta za razumijevanje i primjenu mjera prilagodbe klimatskim promjenama • povećanje prihvatnog kapaciteta tla za vodu na poljoprivrednom zemljištu • konzervacijska obrada tla i ostali načini reducirane obrade tla • uzgoj sorti, hibrida i pasmina otpornijih na klimatske promjene • navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta • gradnja vodnih akumulacija • primjena bioinženjerskih antierozivnih mjera • obnova i/ili izgradnja drenažnih sustava • razvoj sustava za upozorenje na sušu

(Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_46_921.html)

Učinkovito sprječavanje negativnog utjecaja suše u suhom ratarenju (bez navodnjavanja) moguće je uz povećanje organske tvari, odnosno humusa u tlu, što nije lako postići jer pretpostavlja trajnu promjenu poljoprivredne prakse, odnosno primjenu agrotehničkih mjera koje će utjecati na povećanje humusa u tlu (zaoravanje žetvenih ostataka, primjena organskog gnoja, sjetva postrnih i zimskih pokrovnih usjeva, adekvatna obrada i gnojidba i dr.). Naime, humus zadržava vodu te uz prosječan omjer 1:4 (najčešće je znatno veći) i uz sadržaj humusa u tlu od 2 % , tlo sadrži 36 mm oborina po kvadratnom metru. Ako bi se povećala koncentracija humusa u tlu s 2 na 3 % (što je moguće postići promjenom poljoprivredne prakse, kao i održati tu razinu) dolazimo do 54 mm oborina po kvadratnom metru (prosječno dva obroka navodnjavanja). Naravno, retencija vode u tlu ne ovisi samo o sadržaju humusa, već u velikoj mjeri i o njegovoj strukturi, odnosno volumenu mikropora,

odnosno kapilara. Dakle, porast sadržaja humusa u tlu, osobito njegova dobra struktura, znatno će umanjiti negativne efekte suše, ovisno o kemijsko-fizikalnim svojstvima tla, rasporedu oborina i potrebi usjeva za vodom u sušnom razdoblju (Vukadinović i Vukadinović, 2016.)

Po pitanju obrade tla, u sprječavanju štetnih efekata od suše, odnosno najvećeg problema klimatskih promjena, također pomaže dobra, pravovremena i adekvatna obrada tla (konzervacijska obrada, duboka zimska brazda uz njeno rano zatvaranje, podrivanje i sprječavanje zbijanja te formiranja nepropusnih slojeva za vodu, uređenje tla, npr. gusta kanalska mreža s vodom u kanalima, terasiranje nagnutih terena), zatim organska gnojidba, sideracija (zelena gnojidba), rotacija usjeva, sjetva pokrovnih usjeva, malčiranje, ranija sjetva proljetnih usjeva, a kasnija ozimih i drugo.

Primarna obrada tla iznimno povećava retencijski kapacitet tla za vodu, ali i omogućuje duboko prodiranje korijena do dubljih, vlažnijih slojeva tla, dok unos organske tvari poboljšava strukturu tla i također omogućuje veći retencijski kapacitet tla za vodu. Važno je primjenjivati obradu koja favorizira infiltraciju kiše u tlo, skladištenje vode u zoni korijena, sprječavanje površinskog otjecanja i kontrolu gubitaka evapotranspiracijom. Međutim, rezultati agrotehnike ovise o raznim faktorima poput fizikalno-kemijskih svojstava tla, orografiji, klimi i vrsti oruđa koje se primjenjuje u obradi, stoga nema jedinstvene recepture kako očuvati vodu u tlu za period kad je biljkama najpotrebnija i postići visok prinos i u sušnim godinama. Važno je naglasiti da se dobra agrotehnika u prevenciji zaštite od suše najčešće znatno razlikuje od uobičajene prakse te su ispitivanja u tom pravcu veoma važna i neophodna (Vukadinović i Vukadinović, 2016.).

9. ZAKLJUČAK

Poljoprivreda, kao jedna od najstarijih ljudskih i gospodarskih djelatnosti, bavi se uzgojem biljaka i životinja, prvenstveno radi proizvodnje hrane. Ovom djelatnošću bavi se i omogućuje si egzistenciju gotovo polovica čovječanstva. U današnje vrijeme, svijet se suočava s gorućim problemom klimatskih promjena. Klimatski ekstremi, u vidu čestih suša i poplava, izrazito niskih odnosno visokih temperatura, nanose velike štete poljoprivrednoj proizvodnji. Otkad postoje klimatska mjerenja, trenutna globalna prosječna temperatura je za oko 0,98 °C viša nego u kasnom 19. stoljeću. Po pitanju uzroka, mišljenja su podijeljena, međutim, većina svjetskih znanstvenika smatra da su antropogeni utjecaji gotovo siguran i glavni uzrok globalnog zagrijavanja. Nadalje, neizbježna je činjenica eksponencijalni rast ljudske populacije na Zemlji i podatak da gladuje više od 800 milijuna ljudi te da u svakoj minuti od posljedica gladi umire oko 25 osoba. U obzir treba uzeti da su površine za proizvodnju hrane ograničene te se konstantno smanjuju pa se rješenje uglavnom nazire u povećanju prinosa s jedinice površine. Ovo predstavlja značajan izazov za društvo. Žitarice, kao zrnate škrobne biljke i glavni izvor ugljikohidrata, imaju nezamjenjivu ulogu u ljudskoj prehrani, a najzastupljenije žitarice na svjetskim oranicama su pšenica, riža i kukuruz. Osim za ljudsku prehranu, imaju višestruku ulogu te se koriste i za hranidbu stoke, za industrijsku preradu i drugo. Klimatske promjene, dakako, utječu na proizvodnju žitarica uglavnom putem toplinskog i vodnog stresa, a javlja se i problem povećane koncentracije ugljikovog dioksida. Ovakvi abiotički stresovi imaju najznačajniji utjecaj na proizvodnju žitarica jer biljke koje su duži period bile izložene takvom obliku stresa, uobičajeno ostvaruju niži prinos što predstavlja veliki problem. Osim pada prinosa, u težim slučajevima javlja se čak i nemogućnost uzgoja. Iz tog razloga bit će neophodno provoditi prilagodbu koju možemo definirati kao prilagođavanje prirode ili ljudskih sustava kao odgovor na stvarne ili očekivane klimatske promjene. Zbog prisutnih procesa iscrpljivanja svjetskih rezervi hrane nužno se nameću pitanja: Kako proizvesti dovoljne količine žitarica kao glavnog izvora hrane za sve veći broj ljudi na Zemlji? Hoće li sadašnji resursi biti dovoljni? Postoje li druge mogućnosti u proizvodnji, zahvaljujući suvremenoj znanosti? Navedena pitanja sve su češća tema svestranih znanstvenih istraživanja. Zaključno, promjena klime neupitno se i uočljivo odvija. S tim u vezi, zbog nemogućnosti upravljanja prirodnim uzrocima, preostaju napor čovječanstva da se klimatske promjene ublaže, a ako se želi preživjeti i napredovati, bit će potrebna prilagodba poljoprivredne proizvodnje i ustrajnost u dugačkome i teškome procesu prilagodbe klimatskim promjenama.

10. POPIS LITERATURE

1. Allen, C.D. et al., (2010.) A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 660- 684.
2. Almeselmani, M., Deshmukh, P. S., Chinnusamy, V. (2012): Effects of prolonged high temperature stress on respiration, photosynthesis and gene expression in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in their thermotolerance. *Plant stress*, 6(1), 25-32.
3. Branković, Č. (2014): Climate and climate change. *Matematičko fizički list*, 3, 152-162.
4. Byjesh, K., Kumar, S.N., Aggarwal, P.K. (2010): Simulating impacts, potential adaptation and vulnerability of maize to climate change in India. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15(5): 413-431.
5. Državni zavod za statistiku (2020.): Statistička baza podataka. Raspoloživo na: https://www.dzs.hr/Hrv/system/stat_databases.htm (pristup 30. 4. 2020.)
6. Državni hidrometeorološki zavod (2020.): Klima i klimatske promjene. Raspoloživo na: https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeli¶m=klima_promjene#sec2 (pristup 26. 4. 2020.)
7. Europska agencija za okoliš (2020.): Presudna važnost prilagodbe klimatskim promjenama za poljoprivredu u Europi. Raspoloživo na: <https://www.eea.europa.eu/hr/articles/presudna-vaznost-prilagodbe-klimatskim-promjenama> (pristup 26. 4. 2020.)
8. Europska komisija (2020.): Posljedice klimatskih promjena. Raspoloživo na: https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_hr (pristup 26.4.2020.)
9. FAO (2007.): Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: Perspective, framework and priorities Raspoloživo na: <http://www.fao.org/3/a-au030e.pdf>
10. FAOSTAT (2020): Food and agriculture data. Raspoloživo na: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (pristup 14. 5. 2020.)
11. Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., & Siddique, K. H. (2011.): Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(6), 491-507.

12. Folnović, T. (2020.): Gubitak obradivih površina prijeti globalnim zalihama hrane. Agrivi. Raspoloživo na: <https://blog.agrivi.com/hr/post/gubitak-obradivih-povr%C5%A1ina-prijeti-globalnim-zalihama-hrane> (pristup 30. 4. 2020.)
13. Geografska e-škola: Što je vrijeme? Raspoloživo na: https://atlas.geog.pmf.unizg.hr/e_skola/geo/pitanja/p5/vrijeme.html (pristup 28. 4. 2020).
14. Gajšak, M. (2018.): Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivredu. Gospodarski list: Prilog broja: Raspoloživo na: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/prilog-broja-utjecaj-klimatskih-promjena-na-poljoprivredu/> (pristup 26. 4. 2020.)
15. Gross, M. (2019.): Permafrost thaw releases problems. *Current Biology* 29 (2), R39-R41
16. Gupta, N. K., Agarwal, S., Agarwal, V. P., Nathawat, N. S., Gupta, S., Singh, G. (2013.): Effect of short-term heat stress on growth, physiology and antioxidative defence system in wheat seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(6), 1837-1842.
17. Hawkins, E., Fricker, T. E., Challinor, A. J., Ferro, C. A., Ho, C. K., Osborne, T. M. (2013): Increasing influence of heat stress on French maize yields from the 1960s to the 2030s. *Global change biology*, 19(3), 937-947.
18. Jug, D., Jug, I., Vukadinović, V., Đurđević, B., Stipešević, B., Brozović, B. (2017.): Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena. Priručnik. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tla (HD POT), Osijek
19. Kalebić, B. (2019.): Deset najgorih scenarija u slučaju neobuzdanih klimatskih promjena. *Ekovjesnik* Raspoloživo na: <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/1308/deset-najgorih-scenarija-u-slucaju-neobuzdanih-klimatskih-promjena> (pristup 15. 5. 2020.)
20. Kovačević, B. (2003): Problematika proizvodnje hrane i glad u svijetu. *Ekonomski pregled*, 54(3-4), 299-323.
21. Kovačević, V., Rastija, M. (2014.): Žitarice, udžbenik. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Raspoloživo na: <http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/ZITARICE%20ud%C5%BEbenik.pdf>
22. Kramer, K., Ware, J. (2019.): Counting the cost 2019: a year of climate breakdown. Christian Aid. <https://www.christianaid.org.uk/sites/default/files/2019-12/Counting-the-cost-2019-report-embargoed-27Dec19.pdf>
23. Motik, B., Šimleša, D. (2007.): Zeleni alati za održivu revoluciju. Što čitaš i ZMAG, Zagreb, str. 15.

24. Narodne Novine: Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu. Raspoloživo na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_04_46_921.html (pristup 17. 5. 2020.)
25. NASA: Global Temperature. Raspoloživo na: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> (pristup 28. 4. 2020.)
26. Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., Micale, F. (2011.): Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34(2): 96-112.
27. Orlove, B. (2005.): Human adaptation to climate change: a review of three historical cases and some general perspectives. *Environmental Science & Policy*, 8(6): 589-600.
28. Patarčić, M. (2019.): Klima i klimatske promjene. Državni hidrometeorološki zavod. Raspoloživo na: https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeli
29. Pioneer: Značaj kukuruza. Raspoloživo na: https://www.pioneer.com/web/site/croatia/information_and_results/the_importance_of_corn/ (pristup 17. 5. 2020.)
30. Puđak, J., Bokan, N. (2011). Ekološka poljoprivreda—indikator društvenih vrednota. *Sociologija i prostor: časopis za istraživanje prostornoga i sociokulturnog razvoja*, 49(2 (190)), 137-163.
31. Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Galetti, M., Alamgir, M., Crist, E., ... 15,364 scientist signatories from 184 countries. (2017): World scientists' warning to humanity: A second notice. *BioScience*, 67(12), 1026-1028.
32. Serraj, R., Sinclair, T. (2002.): Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant, Cell & Environment*, 25(2): 333-341.
33. Srpak, M., Zeman, S. (2018.): Održiva ekološka poljoprivreda. Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu. Vol. 9 (2): 68-75.
34. Stopić, D. (2017.): Riža je najstarija poljoprivredna kultura na svijetu. Asia store. Raspoloživo na: <https://asiastore.com.hr/riza-vrste/> (pristup 20. 5. 2020.)
35. Svjetska banka: Obradivo zemljište. Raspoloživo na: <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.ARBL.ZS?view=chart> (pristup 24.4.2020.)
36. Svjetska banka: Poljoprivredno zemljište. Raspoloživo na: <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS> (24. 4. 2020.)
37. Šimac, Z., i Vitale, K. (2012): Procjena ranjivosti od klimatskih promjena

Raspoloživo na: http://www.seeclimateforum.org/upload/document/cva_croatia_-_croatian_final_print.pdf

38. Vučetić, V. (2013.) Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju. Agrometeorologija u službi korisnika: „Klimatske promjene i poljoprivreda“. Hrvatsko agrometeorološko društvo–Zbornik radova., Zagreb. 1-2.
39. Vukadinović, V. (1999.): Ekofiziologija. http://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba/Ekofiziologija_bilja.pdf
40. Vukadinović, V. (2018.): Tlo i biljka: Suša i njene posljedice. Raspoloživo na: http://tlo-i-biljka.eu/Tekstovi/Toplinski_stres.pdf (pristup 18. 5. 2020.)
41. Vukadinović, V. (2017.): Tlo i biljka: Utjecaj visoke temperature na biljke – toplinski stres. Raspoloživo na: http://tlo-i-biljka.eu/Tekstovi/Toplinski_stres.pdf (pristup 18. 5. 2020.)
42. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2016.): Tlo, gnojidba i prinos. Elektroničko izdanje. http://ishranabilja.com.hr/literatura/eKnjiga_Tlo-gnojidba-prinos.pdf
43. Vukadinović, V., Jug, I., Đurđević, B. (2014.): Ekofiziologija bilja. Sveučilišni udžbenik. Neformalna savjetodavna služba, Osijek.
44. Zdravo Zdravo: Žitarice – upoznajte 8 najvažnijih žitarica u prehrani čovjeka. Raspoloživo na: <https://zdravozdravo.blogspot.com/2014/12/zitarice.html> (pristup 17. 5. 2020.)
45. Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y., Durand, J. L. at al. (2017): Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(35), 9326-9331.

11. SAŽETAK

Poljoprivreda se, kao jedna od najstarijih ljudskih i gospodarskih djelatnosti, bavi uzgojem biljaka i životinja, prvenstveno radi proizvodnje hrane, a time se bavi i omogućuje si egzistenciju gotovo polovica čovječanstva. Cilj rada bio je opisati elemente klimatskih promjena i njihov utjecaj na proizvodnju žitarica kao glavnog izvora hrane te na osnovi dostupnih podataka analizirati mogućnosti prilagodbe i poboljšanja uzgoja žitarica u stresnim uvjetima uzrokovanim klimatskim promjenama. Klimatski ekstremi, poput čestih suša i poplava, izrazito niske odnosno visoke temperature, nanose velike štete poljoprivredi. Otkad postoje klimatska mjerenja, trenutna globalna prosječna temperatura je za oko 0,98°C viša nego u kasnom 19. stoljeću. Po pitanju uzroka, mišljenja su podijeljena, međutim, vodeći svjetski klimatološki znanstvenici smatraju da su ljudske aktivnosti gotovo sigurno glavni uzrok globalnog zagrijavanja. Nadalje, neizbježna je činjenica eksponencijalni rast ljudske populacije na Zemlji i podatak da gladuje više od 800 milijuna ljudi te da u svakoj minuti od posljedica gladi umire oko 25 osoba. U obzir treba uzeti da su površine za proizvodnju hrane ograničene i konstantno se smanjuju pa se rješenje uglavnom nazire u povećanju prinosa s jedinice površine. Međutim, spomenute klimatske pojave uzrokuju abiotički stres kod biljaka, odnosno odstupanje od normalnih uvjeta uzgoja što za posljedicu ima smanjene prinosa, a u težim slučajevima i nemogućnost uzgoja. Dakle, promjena klime neupitno se i uočljivo odvija. S tim u vezi, zbog nemogućnosti upravljanja prirodnim uzrocima, preostaju naponi čovječanstva da se klimatske promjene ublaže, a poljoprivredna proizvodnja prilagodi.

Ključne riječi: klimatske promjene, poljoprivreda, žitarice, abiotički stres, prilagodba poljoprivredne proizvodnje

12. SUMMARY

Agriculture, as one of the oldest human and economic activities, is dealing with growing of plants and breeding animals, primarily because of food production. Almost half of human kind is ensuring their subsistence by engaging in agriculture. The aim of this study was to describe the elements of climate change and their effect on cereal crops production as a main source of food and to analyze the possibilities of adaptation and improvement of crops production in stressful conditions caused by climate change based on available information. Climate extremes, such as frequent droughts and floods, extremely low and high temperatures are causing extensive damage to agriculture. Since the beginning of climate measurements current global average temperature is approximately 0,98 °C higher than in the late 19th century. There is a split of opinion regarding what caused this. However, the world's leading climate scientists consider human activities to be almost certainly the main cause of global warming. Furthermore, we cannot escape the fact that there is an exponential growth of human population on Earth alongside with more than 800 million people starving which results in 25 dead persons every minute. We should take into account that the food production areas are limited and are constantly being reduced so the solution being imposed is to increase yields per unit area. However, the mentioned climatic events are causing abiotic stress in plants, in other words they are causing a lack of normal growing conditions which results in reduction of yield or even impossibility of cultivation in severe cases. The climate change is happening and it is unquestionable and noticeable. Regarding this, due to impossibility to manage natural causes the only thing that remains are efforts of mankind to mitigate the climate change and to adapt the agricultural production.

Key words: climate change, agriculture, cereals, abiotic stress, adaptation of agricultural production

13. POPIS TABLICA

Tablica 1. Podjela žitarica	15
Tablica 2. Požnjevene površine (ha) i prinosi (t/ha) najvažnijih ratarskih kultura u Hrvatskoj (prosjek 2000. do 2018.).....	22
Tablica 3. Ranjivost poljoprivrednog sektora te mogući odgovori za smanjenje visoke ranjivosti.....	31

14. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Postotni udio korištenoga poljoprivrednog zemljišta po kategorijama u Republici Hrvatskoj (prosjek 2000. – 2018.).....	22
--	----

15. POPIS SLIKA

Slika 1. Čimbenici klimatskih promjena.....	6
Slika 2. Prikaz globalnog zagrijavanja zadnjih 135 godina.....	8
Slika 3. Ekstremna suša u usjevu kukuruza.....	10
Slika 4. Ekstremna poplava u usjevu pšenice.....	10
Slika 5. Prehrambeni proizvodi dobiveni iz žitarica.....	16
Slika 6. Tri najzastupljenije žitarice u svijetu.....	19
Slika 7. Prikaz čimbenika abiotskog i biotskog stresa kod biljaka.....	23

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

Diplomski rad

Klimatske promjene i proizvodnja žitarica

Lucija Rončević

Sažetak:

Poljoprivreda se, kao jedna od najstarijih ljudskih i gospodarskih djelatnosti, bavi uzgojem biljaka i životinja, prvenstveno radi proizvodnje hrane, a time se bavi i omogućuje si egzistenciju gotovo polovica čovječanstva. Cilj rada bio je opisati elemente klimatskih promjena i njihov utjecaj na proizvodnju žitarica kao glavnog izvora hrane te na osnovi dostupnih podataka analizirati mogućnosti prilagodbe i poboljšanja uzgoja žitarica u stresnim uvjetima uzrokovanim klimatskim promjenama. Klimatski ekstremi, poput čestih suša i poplava, izrazito niske odnosno visoke temperature, nanose velike štete poljoprivredi. Otkad postoje klimatska mjerenja, trenutna globalna prosječna temperatura je za oko 0,98°C viša nego u kasnom 19. stoljeću. Po pitanju uzroka, mišljenja su podijeljena, međutim, vodeći svjetski klimatološki znanstvenici smatraju da su ljudske aktivnosti gotovo sigurno glavni uzrok globalnog zagrijavanja. Nadalje, neizbježna je činjenica eksponencijalni rast ljudske populacije na Zemlji i podatak da gladuje 800 milijuna ljudi te da u svakoj minuti od posljedica gladi umire oko 25 osoba. U obzir treba uzeti da su površine za proizvodnju hrane ograničene i konstantno se smanjuju pa se rješenje uglavnom nazire u povećanju prinosa s jedinice površine. Međutim, spomenute klimatske pojave uzrokuju abiotski stres kod biljaka, odnosno otklon od normalnih uvjeta uzgoja što za posljedicu ima smanjenje prinosa, a u težim slučajevima i nemogućnost uzgoja. Dakle, promjena klime neupitno se i uočljivo odvija. S tim u vezi, zbog nemogućnosti upravljanja prirodnim uzrocima, preostaju napori čovječanstva da se klimatske promjene ublaže, a poljoprivredna proizvodnja prilagodi.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Mirta Rastija

Broj stranica: 42

Broj grafikona i slika: 8

Broj tablica: 3

Broj literaturnih navoda: 45

Broj priloga: -

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: klimatske promjene, poljoprivreda, žitarice, abiotski stres, prilagodba poljoprivredne proizvodnje

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Ranko Gantner, predsjednik, zamjenski član
2. prof. dr. sc. Mirta Rastija, mentor
3. doc. dr. sc. Dario Iljkić, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Graduate Studies Plant production, course Plant production

Graduate thesis

Climate change and cereal crops production

Lucija Rončević

Abstract:

Agriculture, as one of the oldest human and economic activities, is dealing with growing of plants and breeding animals, primarily because of food production. Almost half of human kind is ensuring their subsistence by engaging in agriculture. The aim of this study was to describe the elements of climate change and their effect on cereal crops production as a main source of food and to analyze the possibilities of adaptation and improvement of crops production in stressful conditions caused by climate change based on available information. Climate extremes, such as frequent droughts and floods, extremely low and high temperatures are causing extensive damage to agriculture. Since the beginning of climate measurements current global average temperature is approximately 0,98 °C higher than in the late 19th century. There is a split of opinion regarding what caused this. However, the world's leading climate scientists consider human activities to be almost certainly the main cause of global warming. Furthermore, we cannot escape the fact that there is an exponential growth of human population on Earth alongside with more than 800 million people starving which results in 25 dead persons every minute. We should take into account that the food production areas are limited and are constantly being reduced so the solution being imposed is to increase yields per unit area. However, the mentioned climatic events are causing abiotic stress in plants, in other words they are causing a lack of normal growing conditions which results in reduction of yield or even impossibility of cultivation in severe cases. The climate change is happening and it is unquestionable and noticeable. Regarding this, due to impossibility to manage natural causes the only thing that remains are efforts of mankind to mitigate the climate change and to adapt the agricultural production.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: PhD Mirta Rastija, Full professor

Number of pages: 44

Number of figures: 8

Number of tables: 3

Number of references: 45

Number of appendices: -

Original in: Croatian

Key words: climate change, agriculture, cereals, abiotic stress, adaptation of agricultural production

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. PhD Ranko Gantner, Associate Professor, president, alternate member
2. PhD Mirta Rastija, Full Professor, mentor
3. PhD Dario Iljkić, member

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1