



**ИНСТИТУТ ЗА ПОВРТАРСТВО  
СМЕДЕРЕВСКА ПАЛАНКА**

**Биотехнологија и савремени приступ  
у гајењу и оплемењивању биља**

**Национални научно-стручни скуп са  
међународним учешћем**

**ЗБОРНИК РАДОВА**

**Смедеревска Паланка, 15. децембар 2021.**

**ИНСТИТУТ ЗА ПОВРТАРСТВО СМЕДЕРЕВСКА ПАЛАНКА**

**Биотехнологија и савремени  
приступ у гајењу и  
оплемењивању биља**

---

**Национални научно-стручни скуп са  
међународним учешћем**

**ЗБОРНИК РАДОВА**

Смедеревска Паланка  
**15. децембар 2021.**

Зборник радова

Биотехнологија и савремени приступ у гајењу и  
оплемењивању биља

Национални научно-стручни скуп са међународним учешћем

Смедеревска Паланка, 15. децембар 2021.

Издавач

Институт за повртарство Смедеревка Паланка

[www.institut-palanka.rs](http://www.institut-palanka.rs)

За издавача

Доц. др Алмир Муховић, научни сарадник  
в.д. директора Института за повртарство

Главни и одговорни уредник

Др Алмир Муховић

Уредник

Др Веселинка Зечевић

Технички уредник

Љиљана Радисављевић

Штампа

Дигитал дизајн доо, Смедеревска Паланка

Тираж 100 комада

Година издања

2021

ISBN

978-86-89177-03-9

**ОПЛЕМЕЊИВАЊЕ БИЉАКА И АДАПТАЦИЈЕ НА  
КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ**

**PLANT BREEDING AND ADAPTATION TO CLIMATE  
CHANGE**

Десимир Кнежевић<sup>1\*</sup>, Веселинка Зечевић<sup>2</sup>, Даница Мићановић<sup>3</sup>, Светлана  
Рољевић Николић<sup>4</sup>, Гордана Бранковић<sup>5</sup>, Александар Пауновић<sup>6</sup>, Томислав  
Брзаковић<sup>7</sup>, Мирела Матковић Стојшин<sup>8</sup>, Адриана Радосавац<sup>7</sup>

<sup>1</sup>*Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској  
Митровици, Пољопривредни факултет, Лешак, Косово и Метохија,  
Србија*

<sup>2</sup>*Институт за повртарство, Смедеревска Паланка, Србија*

<sup>3</sup>*Привредна комора Србије, Београд, Србија*

<sup>4</sup>*Институт за Економику пољопривреде, Волгина 15, 11060 Београд,  
Србија*

<sup>5</sup>*Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет у Земуну, Србија*

<sup>6</sup>*Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет у Чачку, Србија*

<sup>7</sup>*Универзитет Привредна Академија у Новом Саду, Факултет за  
примењени менаџмент, економију и финансије у Београду, Србија*

<sup>8</sup>*Универзитет Мегатренд, Београд, Факултет за биофарминг Бачка  
Топола, Србија*

*\*Аутор за кореспонденцију: [deskoa@ptt.rs](mailto:deskoa@ptt.rs)*

**Извод**

Опелемењивање биљака има опште и специфичне изазове у креирању пожељних генотипова у различитим еоклиматским условима у циљу решавања бројних ограничења: генетички потенцијал, продуктивност, климатске промене, природни ресурси, раст људске популације и задовољење потреба за исхраном, очување животне средине од загађења и др. Постојеће климатске промене у регионима широм света (суша, високе температуре, топлота) нарушавају стабилност екосистема и представљају значајан ограничавајући фактор за остваривање високих приноса усева у пољопривредној производњи, за обезбеђење довољне количине хране за људску популацију и економску стабилност. Климатске

промене које неповољно утичу на продуктивност биљака у пољопривредној производњи су повезане са постојањем глади милиона људи у свету. Оплемењивањем биљака су створени генотипови са високим потенцијалом за принос, квалитет и отпорношћу на биотичке и абиотичке факторе стреса. Адаптације на климатске промене доприносе смањењу негативног ефекта климатских промена на животни циклус биљака, отпорност на болести и штеточине, сушу, топлотни шок, мраз, односно на производњу хране са пожељним вредностима нутритивних и технолошких особина.

**Кључне речи:** оплемењивање биљака, адаптивност, климатске промене, обезбеђење хране, пољопривреда

### **Abstract**

Plant breeding has general and specific challenges in creating desirable genotypes in different ecoclimatic conditions in order to address numerous constraints such as genetic potential, productivity, climate change, natural resources, human population growth and meeting nutritional needs as well as, preserving the environment from pollution. Existing climate change in regions around the world (drought, high temperatures, heat) disrupts ecosystem stability and is a significant limiting factor for achieving high crop yields in agricultural production, and for providing sufficient food for the human population and economic stability. Climate change that adversely affects the productivity of plants in agricultural production is associated with the existence of hunger of millions of people in the world. Plant breeding has created genotypes with high potential for yield, quality and resistance to biotic and abiotic stress factors. Adaptations to climate change contribute to reducing the negative effect of climate change on the life cycle of plants, on resistance to diseases and pests, drought, heat shock, frost, and on the production of food with desirable values of nutritional and technological properties.

**Key words:** plant breeding, adaptability, climate change, food security, agriculture.

## Увод

Климатске промене са повећањем температура, варирањем падавина, оштећењем озонског омотача и повећањем концентрације угљендиоксида утичу на смањење продуктивности пољопривредних усева (Clark et al, 2019). Предвиђа се да би климатске промене могле смањити приносе по хектару пшенице, пиринча и кукуруза до 2% по деценији почевши од 2030. године у поређењу са пројектованим приносима без климатских промена. Раст популације људи у свету је изражен експоненцијално и значајно је већи од линеарног раста продуктивности усева и производње хране, при чему се јавља проблем исхране људи. У свету постоји неухрањеност, сиромаштво и глад код приближно 815 милиона људи (Razzaq et al, 2021) са трендом повећања. Поред бројних социо-културних и економских фактора, капацитета генотипова и побољшане технологије гајења усева, значајан утицај на изражену равнотежу имају климатске промене. Оплемењивање биљака је усмерено на стварање генотипова са високим приносом, квалитетом и адаптивним особинама у циљу обезбеђења производње потребне количине хране за људску популацију у условима смањивања обрадивог земљишта, интезивне урбанизације, изградње саобраћајних и других инфраструктурних објеката и посебно у израженим климатским променама (Кнежевић *et al.* 2020).

Извори генетичке варијабилности представљају основу за успешно оплемењивање биљака, што захтева додатне активности човека у заштити биодиверзитета, односно рационалног поступању у циљу очувања равнотеже екосистема. Да би се обезбедила довољна количина хране потребно је истовремено оплемењивање биљака и прилагођавање пољопривредне производње климатским променама (Swinburn et al. 2019). Оплемењивање биљака у претходних неколико стотина година значајно је допринело повећању приноса у просеку од 0,9 до 1,6% годишње, што не може обезбедити производњу потребне количине хране у блиској будућности (Godfray et al, 2010) у којој је очекивани раст броја од девет милијарди људи у свету у 2030. или 10 милијарди до 2050. године (Poore and Nemecek, 2018). За предвиђено повећање броја људске популације требало би остварити повећање приноса за 2,4% годишње (Godfray et al, 2010), линеарно повећање производње хране за 37% годишње, а 2050. године требало би да се произведе скоро

60-100% више хране у поређењу са производњом у првој деценији 21. века (Satterthwaite и сар, 2010), уз значајно смањење утицаја климатских промена у производњи (Von Koeber et al, 2017). Биолошке науке јачају стратегију оплемењивања биљака. Новостворене сорте и хибриди су захтевали развој и унапређење технологије гајења усева, од обраде земљишта (Dolijanović et al, 2019), поправке земљишта и наводњавања (Kovačević et al, 2011), ротације и сетве усева (Zečević et al, 2014; Grčak et al, 2019), исхране биљака (Кнежевић et al, 2016), неге и заштите усева од болести и штеточина (Gošić Dondo et al, 2020; Stupar et al. 2021).

Примена савремене технологије гајења, у периоду од Зелене револуције – од седме деценије 20 века до данас је допринела значајном повећању приноса остваривањем генетичког потенцијала сорти и хибрида. Током овог периода су предузете активности у оплемењивању биљака у циљу унапређења пољопривреде и очувања агроекосистема, оптимизације коришћења ресурса, неге усева, величине популације и селекционог притиска. У условима суше, веће конкуренције у коришћењу водних ресурса за наводњавање, промене режима падавина, поставља се задатак одржања приноса усева. Високе приносе је могуће остварити у интеграцији функционалних знања на нивоу молекула, ткива, органа, биљке и усева у различитим фенолошким фазама, паралелно са генетичким знањима на нивоу нуклеотида, гена, генома, популације и врсте.

Циљ рада је изучавање улоге оплемењивања биљака у побољшању адаптивности биљке на климатске промене и остваривање приноса и квалитета у пољопривредој производњи.

### ***Оплемењивања биљака на климатске промене***

Пољопривредна производња је све више ограничена високим температурама ваздуха, сушом, недостатком воде, генерално климатским променама, као и повећањем броја становника, економским флукуацијама, што директно утиче на стабилност приноса и несигурност производње хране у свету (Waltz, 2018, Scheben et al, 2017). Генетичка различитост биљака има важну улогу у одржању врсте, која је извор гена за различите механизме адаптација на биотичке и абиотичке факторе стреса и нових комбинација гена који су у функцији повећања отпорности генотипа на промене у екосистему (Bernhard et al, 2020), што је нарочито

важно за стварање сорти са побољшаним морфофизиолошким и агрономским особинама, а тима и за унапређење пољопривреде.

Стварање сорти и хибрида отпорних на климатске промене је значајно за повећање продуктивности усева и обезбеђење хране за повећану популацију људи у свету. Ефикасно генетичко побољшање сорти за принос, у оплемењивању се може постићи коришћењем генетичке варијабилности, савремених биотехнолошких метода, молекуларних маркера, трансфера и манипулације гена (Tilman and Clark, 2014; Кнежевић et al. 2020). Молекуларно оплемењивање, мапирање гена, уметања и брисања генских секвенци у геному биљне врсте је основа за креирање генотипова отпорних на факторе абиотичког и биотичког стреса (Grassini и сар, 2013; Ray и сар, 2013). Генотипови створени оплемењивањем се карактеришу комбинацијом генетичких особина, које доприносе адаптацији на климатске промене (температуру, падавине, ветар) које варирају у сезонама и регионима Djukić et al. (2019), а тиме утичу на варирање приноса и квалитета (Zečević et al, 2013; Menkovska et al, 2017).

Утицај климатских промена потенцијално угрожава биљну производњу (Eigenbrode et al, 2018), али такође омогућава и значајно побољшање у обезбеђењу производње хране за растући број људи у свету. Стога ће све израженије климатске промене довести до смањења количине и квалитета усева и сточне хране (Кнежевић et al, 2017; Wang et al, 2018). Постојање екстремних временских услова ће утицати на повећање и нестабилност цена и приноса што смањује сигурност обезбеђења хране у будућности и животни стандард људи (FAO, 2012). Потребне људи у свету за храном су повећане због раста људске популације, смањења обрадивог земљишта за пољопривредну производњу, промена навика у исхрани људи, као и услед климатских промена. Да би се задовољиле потребе светске популације за храном неопходно је повећати пољопривредну производњу, што се може постићи на два начина и то: на повећаним површинама и са повећањем приноса на постојећим површинама пољопривредног земљишта. У оба модела потребно је стварати сорте отпорне на климатске промене.



### ***Информатичка паметна пољопривреда и климатске промене***

Развијање климатски паметне пољопривреде је усмерено у циљу континуираног повећања приноса усева и продуктивности, повећање прихода у биљној и анималној производњи, побољшању нутритивне вредности и сигурности производње хране без штетног утицаја на животну средину (CIAT; World Bank; CCAFS и LI-BIRD, 2017). Побољшање продуктивности се може остварити интензивирањем пољопривредне производње чиме се обезбеђује повећана производња хране. Климатски паметна пољопривреда доприноси смањењу и искључењу емисије гасова стаклене баште, при чему је за ублажавање утицаја значајно очување биљних и климатогених заједница, шума, које апсорбују угљендиоксид (CO<sub>2</sub>) из атмосфере (Weerakoon et al, 2011).

Савремене информационе технологије су допринеле развоју климатски паметне пољопривреде, која представља модел трансформације пољопривреде и њеног развоја у постојећим климатским променама у циљу повећања продуктивности усева, повећања адаптивности на климу, ублажавање ефекта гасова стаклене баште и обезбеђењу хране у регионалним оквирима. Конвенционално оплемењивање користи фенотипске особине за одабирање генотипова, а оплемењивање на бази генома доприноси ефикаснијем стварању одговарајућих генотипова адаптивних на услове екосистема. Методама у области геномике могуће је детерминисати регулацију гена у функцији побољшања адаптације генотипа на варијације ограничења у екосистемима (Ahmadi et al, 2013). Постоје три главне међузависне компоненте климатски информатичке паметне пољопривреде, које се користе за постизање главног циља климатски паметне пољопривреде и то: производња хране, карактеристике региона и институционало друштвено стање (Luck et al, 2011). Климатски паметна пољопривреда укључује мултидисциплинарна научна истраживања повезана са климом, која обухватају генетичке и физиолошке особине усева, ублажавање утицаја и промене климе и прилагођавање за биљну производњу и сточарство, управљање климатским ризицима, енергијом и биогоривима у циљу отклањања препрека за увођење и усвајање принципа информатичке климатске паметне пољопривреде. У постојећој гермплазми се спроводи идентификација локације гена и

мапирање гена у геному унутар врсте и њених сродника. Друга компонента климатски паметне пољопривреде је моделирање адаптације и неизвесности, мултифункционалности, система за исхрану, биодиверзитета и капацитета екосистема, као и миграција сеоског становништва услед климатских промена. Молекуларним техникама се може управљати рекомбинацијама гена код потомака да би се проширила генетичка различитост, чији ефекат се може анализирати и вршити селекција генома на основу проучавања добијене популације. Моделирање се може применити на геном, популације, биљке и интеракције. Трећа компонента садржи планирање интердисциплинарних истраживања која доприносе интеграцији науке, истраживања и управљања. Климатски паметна пољопривреда је развила бројне стратешке програме који су у функцији решавања тешкоћа у пољопривреди, односно повећања отпорности на екстремне временске услове, прилагођавање климатским променама и смањење емисија гасова стаклене баште које доприносе глобалном загревању (Кнох et al, 2012), како у малим пољопривредним системима тако и у транснационалним компанијама (Myers et al, 2014).

### *Адаптације на климатске промене*

Стратегија адаптација је првенствено развијена да би се ублажили или неутралисали ефекти климатских промена, посебно у сушним подручјима (Lipper et al, 2014).

Климатске промене обухватају промене у атмосфери, хидросфери, биосфери, криосфери и литосфери, које су у интеракцији и које су због сложене интеракције свих ових компоненти под утицајем промена соларне активности, вулканских ерупција, температуре морске воде, дистрибуције ледених слојева, западних таласа и атмосферских таласа (Scholes and Biggs, 2004). Такође, утичу и активности човека, које укључују: крчење шума, емисију угљендиоксида из индустрије и пољопривредне производње, што има за последицу појаву киселих киша и уништавање озонског омотача фреоном и гасовима стаклене баште (угљендиоксид, метан, азотоксид, хидрофлуороугљеник, флуороугљоводоник и сумпор хексафлуорид) Varshney et al. (2018). Пољопривредна производња је извор приближно 30% од укупне емисије гасова стаклене баште и корисник приближно 70% слатке воде у укупној потрошњи, што

утиче на промене у животној средини (Wheeler and Von Braun, 2013).

Оплемењивањем биљака се решавају проблеми у пољопривреди повезани са климатским променама. Стварају се сорте које су отпорне на утицаје климатских промена, сорте које су економичније (мање улагање/већи принос) што утиче на смањење емисије гасова стаклене баште из пољопривреде. Смањење емисије гасова стаклене баште се базира на остваривању већих приноса по јединици површине чиме се зауставља даље претварање земљишта у пољопривредно захваљујући повећаним приносима по хектару. Смањена је употреба минералних ђубрива због повећане ефикасности сорти за апсорпцију ђубрива, а што је посебно изражено у систему органске производње (Roļjević Nikolić et al, 2018). Поред стварања отпорних сорти, а сходно брзини и размерама климатских промена, једно од решења је замена врста у пољопривредној производњи, чији одабир би био заснован на предвиђању развоја у условима циљног региона. За сваку врсту треба изабрати и гајити сорте које ће бити адаптивне на промењене еколошке услове и задовољити агрономске и социоекономске захтеве. Такође, се могу користити локалне популације или мањи број генетички дивергентних сорти вишегодишњих врста.

Адаптације на климатске промене имају значајну улогу у условима глобалног загревања, смањењу негативног утицаја на биљне и анималне врсте, на екосистем и друштвени развој, као и на безбедност производње хране. Адаптације организма су детерминисане генима који контролишу особине и одговор генотипа на еколошке и климатске промене. Генетичка варијабилност је повезана са присуством пожељних алела и у функцији је развоја сорти отпорних на климатске промене. Већа генетичка варијабилност врсте има већу вероватноћу да се у току онтогенетског развића и животног циклуса прилагоди променама климе, појави екстремних вредности температуре и водених талога, који имају стресни ефекат и утичу на смањење фертилности и биолошког и економског приноса (Luck et al, 2011; Palombi and Sessa, 2013). Стратегија развијања адаптација има циљ креирање генотипова, који су отпорни на климатске промене, који у условима високе влаге и екстремних температура остварују високе приносе. Стварање генотипова отпорних на сушу и топлоту омогућава

одржавање продуктивности и смањење ризика од климатских промена у пољопривредној производњи.

За стварање сорти отпорних на климатске промене, у оплемењивању се користе извори генетичке варијабилности међу којима су дивљи сродници, локалне популације, старе сорте мутантне линије које су носиоци пожељних алела који детерминишу особине веће адаптивности на нове услове климе. Познавање генетичке варијабилности је значајно за остваривање ефикасног оплемењивања сорти са комбинацијом карактеристика које доприносе адаптивности на климатске промене. Генетичка различитост генотипа има важну улогу у ублажавању утицаја ограничавајућих вредности климатских фактора и адаптацијама на климатске промене што доприноси обезбеђењу хране и квалитета живота људи.

Обезбеђење хране обухвата производњу хране, одговарајуће нутритивне вредности, која је доступна као прехранбени производ за набавку (куповину), која је приступачна и којом појединац може да располаже у складу са правним, политичким економским и социјалним критеријумима, као и коришћење хране и воде са санитарном и здравственом контролом, ради спречавања ширења болести које се преносе храном. Климатске промене утичу на стабилност, доступност, приступ, коришћење и безбедност хране и воде. Међутим, безбедност хране не зависи само од климатских промена него и од економског, трговинског и друштвено политичког развоја.

Будућа производња хране биће одржива стварањем нових сорти и хибрида, развојем нових врста биљне хране, као и коришћењем нових биљних врста, дивљих сродника, који могу допринети већој адаптивности и очувању биодиверзитета

## **Закључак**

Оплемењивање биљака је активност која значајно доприноси побољшању биљака и превазилажењу ограничења у системима пољопривредне производње. Развој научних технологија и метода омогућава ефикасније оплемењивање и стварање сорти адаптираних на климатске промене, које могу остварити генетички потенцијал за принос. Да би се обезбедила сигурност хране неопходно је

интензивирати оплемењивање биљака у циљу прилагођавања глобалним климатским и друштвеним променама. Поред стварања сорти које имају побољшан принос и квалитет, потребно је обезбедити њихово ширење, чиме би се остварила еколошка, економска и социјална очекивања. У условима климатских промена потребно је проширити циљеве оплемењивања и обухватити већи број врста, односно укључити нове врста које до сада нису култивисане.

Оплемењивачи треба да развијају нове методе у мултигено-типском оплемењивању за формирање сложених усева, односно агробиоценоза са израженом адаптивношћу у екосистему. Оплемењивање ће бити ефикасније на бази нових технологија које су основа климатски паметне пољопривреде, која омогућава разумевање сложеније биолошке функције биљака у интеракцији са другим организмима у систему усева. Адаптација на климатске промене се испољава кроз отпорност на климатске промене, а тиме и смањење штета у биолошкој и друштвеној сфери.

## Литература

- Ahmadi N, Bertrand B, Glaszmann J.C. (2013). Rethinking Plant Breeding. (In: Hainzelin Etienne, ed.). Cultivating biodiversity to transform agriculture. Heidelberg : Springer, Germany, pp. 91-140.
- Bernhard, G.H, Neale, R.E, Barnes, P.W, Neale, P.J, Zepp, R.G, Wilson, S. R, Andrady, A.L, Bais, A.F, McKenzie, R.L, Aucamp, P.J, Young, P.J, Liley, J.B, Lucas, R.M, Yazar, S, Rhodes, L.E, Byrne, S.N, Hollestein, L.M, Olsen, C.M, Young, A.R, Robson, T.M, Bornman, J.F, Jansen, M.A.K, Robinson, S.A, Ballaré, C.L, Williamson, C.E, Rose, K.C, Banaszak, A.T, Häder, D.-P, Hylander, S, Wängberg, S. A, Austin, A.T, Hou, W.-C, Paul, N.D, Madronich, S, Sulzberger, B, Solomon, K.R, Li, H, Schikowski, T, Longstreth, J, Pandey, K.K, Heikkilä, A.M. Whit, C. C. (2020). Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change. Photochem. Photobiol. Sci, 19, 542-584.
- CIAT; World Bank; CCAFS and LI-BIRD (2017). Climate-Smart Agriculture in Nepal. CSA Country Profiles for Asia Series. Washington, D.C: International Center for Tropical Agriculture (CIAT); the World Bank; CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security.
- Clark, M.A, Springmann, M, Hill, J, Tilman, D. (2019). Multiple health and environmental impacts of foods. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 116, 23357–23362.

- Djukić, N, Knežević, D, Pantelić, D, Živančev, D, Torbica, A, Marković, S. (2019). Expression of protein synthesis elongation factors in winter wheat and oat in response to heat stress. *Journal of Plant Physiology*, 240,153015
- Dolijanović, Ž, Roljević Nikolić, S, Kovačević, D, Djurdjić, S, Miodragović, R, Jovanović Todorović, M, Popović Djordjević, J. (2019). Mineral profile of the winter wheat grain: effects of soil tillage systems and nitrogen fertilization. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(5), 11757-11771.
- Eigenbrode, S.D, Binn,s W.P, Huggins, D.R. (2018). Confronting climate change challenges to dryland cereal production: A call for collaborative, transdisciplinary research, and producer engagement. *Front. Ecol. Evol*, 5, 164.
- FAO F (2012). The state of world fisheries and aquaculture. Opportunities and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Godfray, H.C.J, Beddington, J.R, Crute, I.R, Haddad, L, Lawrence, D, Muir, J.F, Pretty J, Robinson, S, Thomas, S.M, Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327, 812-818.
- Gošić Dondo, S, Grčak, D, Grčak, M, Kondić, D, Hajder, Dj, Popović, T, Knežević, D. (2020). The effect of insecticides on the total percentage of *Ostrinia nubilalis* Hbn attack on maize hybrids. *Genetika*, 52 (1), 351-365.
- Grassini, P, Eskridge, K.M, Cassman, K.G. (2013). Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. *Nat Commun*, 4, 2918.
- Grčak, M, Grčak, D, Župunski, V, Jevtić, R, Lalošević, M, Radosavac, A, Kondić, D, Živić, J, Paunović, A, Zečević, V, Mićanović, D, Knežević, D. (2019). Effect of cereals+pea intercropping on spike index of spring wheat, triticale, oat and pods index of pea. *Acta Agriculturae Serbica*, 24(48), 167-180.
- Knežević, D, Maklenović, V, Kolarić, Lj, Mićanović, D, Šekularac, A, Knežević, J. (2016). Variation and Inheritance of Nitrogen Content in Seed of Wheat Genotypes (*Triticum aestivum* L.). *Genetika*, 48 (2), 579-586.
- Knežević, D, Rosandić, A, Kondić, D, Radosavac, A, Rajković, D. (2017). Effect of gluten formation on wheat quality. *Columella – Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4(1), 169-174.
- Knežević, D, Laze, A, Paunović, A, Djurović, V, Đukić, N, Valjarević, D, Kondić, D, Mićanović, D, Živić, J, Zečević, V. (2020). Approaches in cereal breeding. *Acta Agriculturae Serbica*, 25(50), 179-186.
- Knox, J, Hess, T, Daccache, A, Wheeler, T. (2012). Climate change impacts on crop productivity in Africa and South Asia. *Environmental Research Letters*, 7, 034032.
- Kovačević V, Šimic, D, Kadar, I, Knezevic, D, Loncaric, Z. (2011). Genotype

- and liming effects on cadmium concentration in maize (*Zea mays* L.). *Genetika*, 43(3): 607 - 615.
- Lipper, L, Thornton, P, Campbell, B.M, Baedeker, T, Braimoh, A, Bwalya, M, Caron, P, Cattaneo, A, Garrity, D, Henry, K, Hottle, R, Jackson, L, Jarvis, A, Kossam, F, Mann, W, McCarthy, N, Meybeck, A, Neufeldt, H, Remington, T, Sen, P.T, Sessa, R, Shula, R, Tibu, A, Torquebiau, E.F. (2014). Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, 4(12), 1068–1072. doi:10.1038/nclimate2437
- Luck, J, Spackman, M, Freeman, A, Tre bicki, P, Griffiths, W, Finlayac, K, Chakrabortyc, S. (2011). Climate change and diseases of food crops. *Plant Pathology*, 60, 113-121.
- Menkovska, M, Levkov, V, Damjanovski D, Gjorgovska, N, Knezevic, D, Nikolova, N, Andreevska, D. (2017). Content of TDF, SDF and IDF in Cereals Grown by Organic and Conventional Farming – a Short Report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(3), 241–244.
- Myers, S.S, Zanobetti, A, Kloog, I, Bloom, A.J, Carlisle, E.A, Dietterich, L.H, Fitzgerald, G, Hasegawa, T, Holbrook, N. M, Nelson, R.L, Ottman, M.J, Raboy, V, Sakai, H, Sartor, K. A, Schwartz, J, Seneweera, S, Tausz, M, Usui, Y. (2014). Increasing CO<sub>2</sub> threatens human nutrition. *Nature*, 510(7503), 139–142.
- Palombi, L, Sessa, R. (2013). Climate-smart agriculture: sourcebook. *Climate-smart agriculture: sourcebook*.
- Poore, J, Nemecek, T. (2018). Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360, 987–992.
- Ray, D.K, Mueller, N.D, West, P.C, Foley, J.A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PloS one* 8: e66428.
- Razzaq, A, Kaur, P, Akhter, N, Wani, S.H. Saleem, F. (2021). Next-generation breeding strategies for climate-ready crops. *Front. Plant Sci*, 12:620420.
- Roljević Nikolić, S, Kovačević, D, Cvijanović, G, Dolijanović, Ž, Marinković, J. (2018). Grain yield and rhizosphere microflora of alternative types of wheat in organic production. *Romanian Biotechnological Letters*, 23(1), 13301-13309.
- Satterthwaite, D, McGranahan, G, Tacoli, C. (2010). Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, 365, 2809-2820.
- Scheben, A, Wolter, F, Batley, J, Puchta, H, Edwards, D. (2017). Towards CRISPR/Cas crops—bringing together genomics and genome editing. *New Phytol*, 216, 682-698.
- Stupar, V, Paunović, A, Madić, M, Knežević, D, Đurović, D. (2021): "Influence of genotype, nitrogen fertilisation and weather conditions on yield variability and grain quality in spring malting barley" *Journal of Central European*

- Agriculture, 22(1), 86-95.
- Swinburn, B.A, Kraak, V.I, Allender, S, Atkins, V.J, Baker, P.I, Bogard, J.R, Brinsden, H, Calvillo, A, De Schutter, O, Devarajan, R, Ezzati, M, Friel, S, Goenka, S, Hammond, R.A, Hastings, G, Hawkes, C, Herrero, M, Hovmand, P.S, Howden, M, Jaacks, L.M, Kapetanaki, A.B, Kasman, M, Kuhnlein, H.V, Kumanyika, S.K, Larijani, B, Lobstein, T, Long, M.W, Matsudo, V.K.R, Mills, S.D.H, Morgan, G, Morshed, A, Nece, P.M, Pan, A, Patterson, D.W, Sacks, G, Shekar, M, Simmons, G.L, Smit, W, Tootee, A, Vandevijvere, S, Waterlander, W.E, Wolfenden, L, Dietz, W.H. (2019). The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *Lancet*, 393, 791-846.
- Tilman, D, Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515, 518-522.
- Varshney, R.K, Singh, V.K, Kumar, A, Powell, W, Sorrells, M.E. (2018). Can genomics deliver climate-change ready crops. *Curr. Opin. Plant Biol*, 45, 205-211.
- Von Koerber, K, Bader, N, Leitzmann, C. (2017): Wholesome Nutrition: an example for a sustainable diet. *Proceed. of the Nutrition Society*, 76, 34-41.
- Waltz, E. (2018). With a free pass, CRISPR-edited plants reach market in record time. *Nat. Biotechnol*, 36, 6-7.
- Wang, J, Vanga, S.K, Saxena, R, Orsat, V, Raghavan, V. (2018). Effect of climate change on the yield of cereal crops: A review. *Climate*, 6, 41.
- Weerakoon, W.M.W, Mutunayake, M.M.P, Bandara, C, Rao, A.N, Bhandari, D.C, Ladha, J.K. (2011). Direct-seeded rice culture in Sri Lanka: lessons from farmers. *Field Crops Research*, 121, 53-63.
- Wheeler, T, Von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*, 341, 508-513.
- Zečević, V, Bošković, J, Knežević, D, Mićanović, D, Milenković, S. (2013). Influence of cultivar and growing season on quality properties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 8(21), 2545-2550.
- Zečević, V, Bošković, J, Knežević, D, Mićanović, D. (2014). Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean Journal of Agriculture Research*, 74(1), 23-28.