

Vegetacijski indeksi kao alati za procjenu prinosa pšenice

Regović, Ana; Skendžić, Sandra; Lemić, Darija; Maričević, Marko; Lešić, Vinko; Zovko, Monika

Source / Izvornik: **58. hrvatski i 18. međunarodni simpozij agronoma : zbornik radova, 2023, 467 - 472**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:288106>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



Vegetacijski indeksi kao alati za procjenu prinosa pšenice

Ana Regović¹, Sandra Skendžić¹, Darija Lemić¹, Marko Maričević², Vinko Lešić³, Monika Zovko¹

¹Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska (sskendzic@agr.hr)

²Bc Institut d.d., Rugvica, Dugoselska 7, Dugo Selo, Hrvatska

³Inovacijski centar Nikola Tesla, Unska 3, Zagreb, Hrvatska

Sažetak

Aktualne i nadolazeće klimatske promjene odrazit će se na uzgoj pšenice u obliku smanjenog prinosa, povećanih troškova te nužnog odstupanja od tradicijskog uzgoja. Cilj ovoga rada je prikazati mogućnosti procjene prinosa za pet sorata ozime pšenice uzgojenih na tri mikroklimatski različite lokacije korištenjem vegetacijskih indeksa. Tijekom 2022. godine, praćen je rast i razvoj ozime pšenice prijenosnim spektorradiometrom te su izračunati vegetacijski indeksi NDVI (Vegetacijski indeks normalizirane razlike) i SAVI (Vegetacijski indeks prilagođen tlu) u fenofazama busanje i klasanje. Zabilježeni su prinosi zrna u kg ha⁻¹. Dobivene su korelacije vegetacijskih indeksa NDVI i SAVI i prinosa zrna te opisane linearnim modelima srednje jakosti. Dobiveni rezultati mogu se koristiti za planiranje preciznih agrotehničkih mjera.

Ključne riječi: vegetacijski indeksi, NDVI, prinos, ozima pšenica, spektorradiometar

Uvod

Pšenica (*Triticum aestivum* L.) je jedan od najrasprostranjenijih usjeva u svijetu gdje se uzgaja na više od 220 milijuna ha godišnje. Kako bi se zadovoljila svjetska sigurnost hrane, prinosi osnovnih prehrambenih usjeva kao što je pšenica morat će se povećati kako bi odgovorili na rastuću potražnju (Lin i Huybers, 2012.). Međutim, učinci klimatskih promjena mogu učiniti postizanje ovog cilja izazovnim. Klimatske promjene utječu na proizvodnju žitarica uglavnom zbog abiotskog stresa (toplinski valovi, suša, poplava i mraz) te poboljšanjem uvjeta za razvoj i napad štetnika i bolesti, odnosno biotskih čimbenika stresa (Porter i sur., 2014.). Navedeni problemi predstavljaju izazov za uzgajivače i znanstvenike koji imaju ograničeno vrijeme i resurse za prilagodbu novim uvjetima uzgoja. U današnje se vrijeme u poljoprivredi fokus stavlja na primjenu daljinskih israživanja. Koristeći multi- i hiperspektralne senzore, koji su sposobni mjeriti spektralnu refleksiju biljaka, mogu se izračunati brojni vegetacijski indeksi korisni za procjenu biomase, prinosa i zdravstvenog stanja usjeva (Lillesand i sur., 2004.). Osim što primjena vegetacijskih indeksa pruža objektivnu osnovu za analiziranje i upravljanje poljoprivrednom površinom, njima je moguće procijeniti prinos usjeva ranije u vegetaciji te na njega konačno utjecati preciznim agrotehničkim mjerama kao što su gnojidba, navodnjavanje i zaštita od štetnika i bolesti (Skendžić, 2022.). Cilj ovoga rada je prikazati mogućnosti procjene prinosa za pet sorata ozime pšenice uzgojenih na tri mikroklimatski različite lokacije na području Grada Zagreba i Zagrebačke županije korištenjem vegetacijskih indeksa dobivenih pomoću spektorradiometra. Hipoteza je da postoji korelacija između prinosa zrna pet sorata ozime pšenice, uzgojenih na mikroklimatski različitim lokacijama, i vegetacijskih indeksa NDVI i SAVI mjenjenih u dvije fenofaze: busanje i klasanje. Dobiveni podaci mogu predstavljati preduvjet za planiranje i primjenu preciznih agrotehničkih mjera.

Materijali i metode

Istraživanje se provelo na tri mikroklimatološki i pedološki različite lokacije na području grada Zagreba i Zagrebačke županije; Rugvica (45°45'04.1"N 16°13'57.6"E), Botinec (45°44'49.1"N 15°56'13.4"E) i Odranski Obrež (45°43'58.9"N 15°57'04.6"E). Na sve tri lokacije tijekom 2022. godine praćen je rast i razvoj pet sorata ozime pšenice Bc Instituta; Bc Anica, Bc Ljepotica, Bc Vlatka, Bc Premija i Bc Opsesija, na ukupnoj površini od prosječno 0,4 ha po lokaciji. Tijekom vegetacije ozime pšenice na pokusnom polju u Rugvici vladali su optimalni uvjeti za uzgoj,

u Botincu je bio prisutan biljni stres od napada štetnika, a na polju na lokaciji Odranski Obrež, teksturno lakše tlo i slabi kapacitet zadržavanja vode u tlu induciraju jači vodni stres u uzgoju pšenice u odnosu na prethodne dvije lokacije. U fenofazama busanje (18.02.2022.) i klasanje (19.05.2022.) izvršeno je mjerenje spektralnih refleksija biljaka ozime pšenice pomoću prijenosnog spektrometra (Spectral Evolution® SR-2500). Instrument simultano bilježi 2151 vrpcu koje pokrivaju spektralni raspon valnih duljina od 350 do 2500 nm sa spektralnom rezolucijom od 5 nm (350-1000 nm) i 22 nm (1000 – 2500 nm). Vegetacijski indeksi su izračunati na osnovi prosijeka vrijednosti specifičnih valnih duljina spektralnih refleksija sklopa ozime pšenice, mjerenih in-situ s fiksne udaljenosti od 60 cm. Prije početnih očitavanja uređaj se kalibrirao putem optički stabilne bijele kalibracijske ploče (BaSO₄, SphereOptics GmbH). U ovom istraživanju korišteni su indeksi (1) NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) i (2) SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) izračunati prema formulama:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \dots\dots\dots(1)$$

$$SAVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED+L)} * (1 + L) \quad L = 0,5 \dots\dots\dots(2) \text{ (Panda i sur., 2010.)}$$

Također su izračunati i zabilježeni prosječno ostvareni prinosi zrna u kg/ha za svaku sortu i lokaciju u pokusu.

Rezultati i rasprava

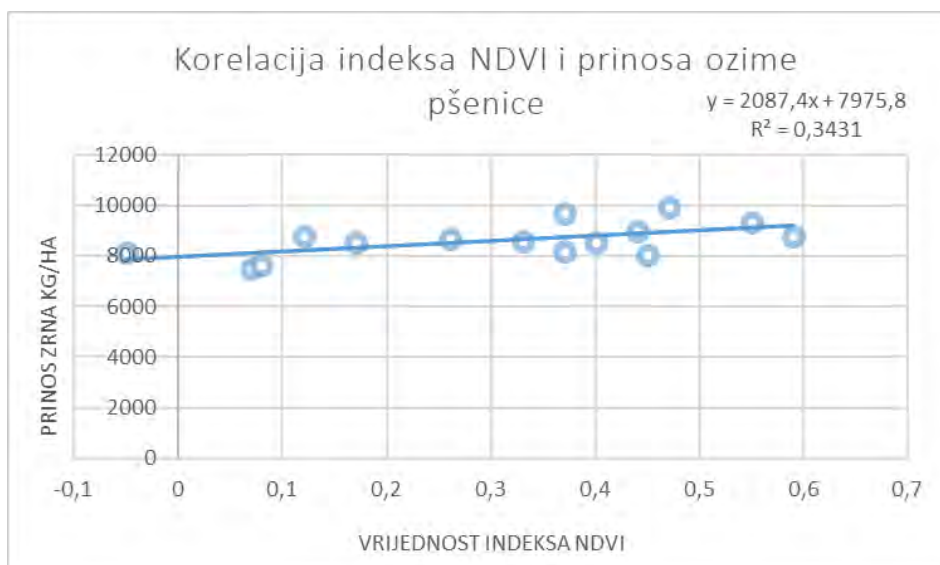
Prosječno ostvareni prinos zrna svih sorata u Rugvici iznosio je 9049 kg ha⁻¹, u Botincu 8612,5 kg ha⁻¹, a u Odranskom Obrežu 7816,5 kg ha⁻¹. Vrijednosti izračunatih indeksa NDVI i SAVI kao i prinosi zrna pojedinih sorata u pokusu prikazani su Tablicom 1.

Tablica 1. Prikaz prinosa pet sorata ozime pšenice na tri lokacije i vrijednosti izračunatih vegetacijskih indeksa NDVI i SAVI za dvije fenofaze (busanje i klasanje)

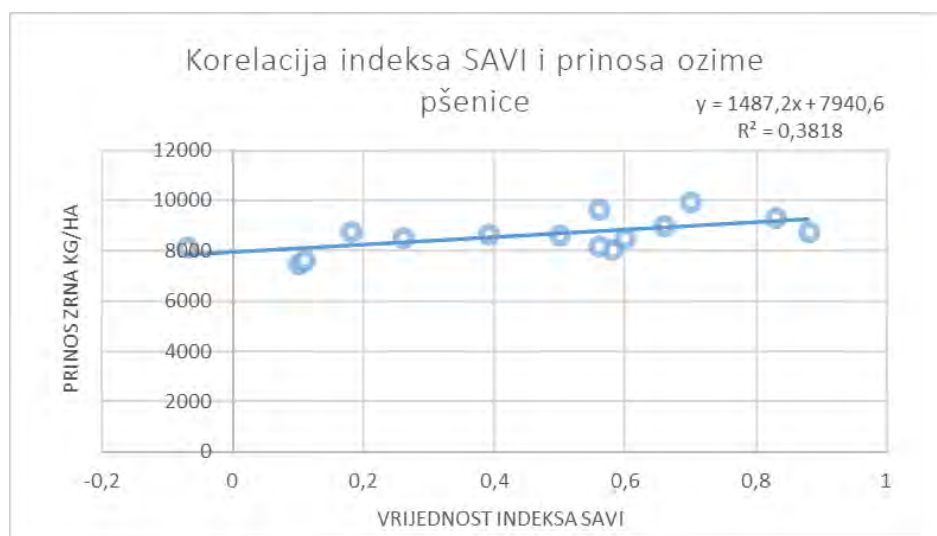
Lokacija	Sorta	Prinos zrna (kg ha ⁻¹)	NDVI		SAVI	
			busanje	klasanje	busanje	klasanje
Rugvica	Bc Anica	8782	0,59	0,88	0,88	1,32
	Bc Ljepotica	9654	0,37	0,88	0,56	1,31
	Bc Vlatka	9933	0,47	0,89	0,7	1,34
	Bc Premija	8050	0,45	0,88	0,58	1,32
	Bc Opsesija	9316	0,55	0,91	0,83	1,36
Botinec	Bc Anica	8554	0,17	0,67	0,26	1,00
	Bc Ljepotica	8988	0,44	0,73	0,66	0,91
	Bc Vlatka	8607	0,33	0,79	0,50	1,19
	Bc Premija	8515	0,40	0,70	0,60	1,06
	Bc Opsesija	8671	0,26	0,83	0,39	1,11
Odranski Obrež	Bc Anica	7478	0,07	0,65	0,10	0,98
	Bc Ljepotica	8197	0,37	0,61	0,56	0,91
	Bc Vlatka	8762	0,12	0,86	0,18	1,29
	Bc Premija	7619	0,08	0,72	0,11	1,07
	Bc Opsesija	8155	0,05	0,83	0,07	1,23

Dobivene su pozitivne korelacije prinosa zrna pšenice s vrijednostima vegetacijskih indeksa NDVI i SAVI izmjerenih u fenofazi busanje te su pokazale vezu srednje jakosti (R²=0,34 za NDVI, R²=0,38 za SAVI) (Chaddock, 1925.). U

Grafikonima 1. i 2. prikazane su analize korelacije između prinosa zrna pšenice, ostvarenih s tri lokacije, i vrijednosti indeksa NDVI i SAVI.



Grafikon 1. Korelacija prinosa zrna ($kg\ ha^{-1}$) i indeksa NDVI izmjenog u fenofazi busanje

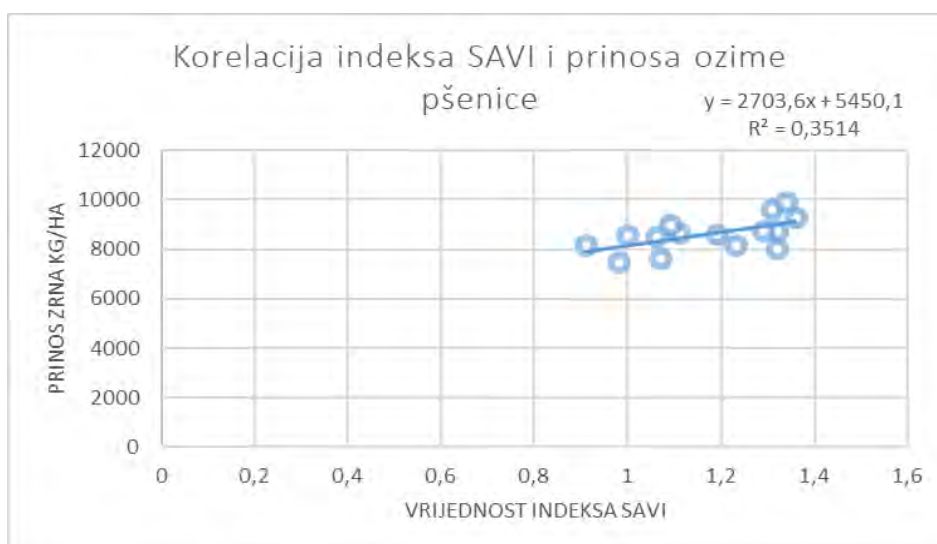


Grafikon 2. Korelacija prinosa zrna ($kg\ ha^{-1}$) i indeksa SAVI izmjenog u fenofazi busanje

Dobivene su pozitivne korelacije prinosa zrna pšenice s vrijednostima vegetacijskih indeksa NDVI i SAVI izmjerenih u fenofazi klasanje te su pokazale vezu srednje jakosti ($R^2=0,35$ za NDVI, $R^2=0,35$ za SAVI) (Chaddock, 1925.). Grafikonom 3. i 4. prikazane su analize korelacije između prinosa zrna pšenice, ostvarenih s tri lokacije, i vrijednosti indeksa NDVI i SAVI.



Grafikon 3. Korelacija prinosa zrna (kg ha^{-1}) i indeksa NDVI izmjenog u fenofazi klasanje



Grafikon 4. Korelacija prinosa zrna (kg ha^{-1}) i indeksa SAVI izmjenog u fenofazi klasanje

Rezultati pokazuju porast vrijednosti vegetacijskih indeksa NDVI i SAVI mjenih u fenofazi klasanje u odnosu na fenofazu busanje. NDVI je bitan vegetacijski indeks jer se njime mogu pratiti sezonske vegetacijske promjene, a normiranje smanjuje oblike spektralnih šumova u atmosferi (vlažnost zraka, razlike u osvjetljenosti od Sunca, i sl.). Budući da je NDVI vrlo osjetljiv na varijacije pozadine biljnog sklopa, te su njegove vrijednosti više s tamnijom pozadinom, za potrebe procjene biomase i zdravstvenog stanja usjeva često se koristi indeks SAVI koji predstavlja modifikaciju NDVI indeksa. Indeks SAVI koristi se radi otklanjanja utjecaja tla i atmosfere gdje parametar L predstavlja udio spektra koji je reflektiran od tla te na taj način eliminira njegov utjecaj (Jensen, 1996.). Vrijednosti dobivenih koeficijentata determinacije (R^2) su u rasponu od 0,34 do 0,38 za sve analizirane korelacije što ukazuje na podjednaku preciznost procjene prinosa za oba termina (fenofaze) mjerenja te za oba korištena vegetacijska indeksa. Za ostvarivanje preciznijeg modela procjene prinosa potrebno je frekventnije prikupljati podatke spektralne refleksije i vegetacijskih indeksa te uključiti i druge tehnologije daljinskih istraživanja kao što su multi- i hiperspektralne kamere i senzori nošeni satelitima ili bespilotnim letjelicama.

Zaključci

Dobivena je korelacija prinosa zrna pšenice i vegetacijskih indeksa NDVI i SAVI te su opisane linearnim modelima srednje jakosti ($R^2=0,34 - 0,38$). Dobiveni rezultati mogu se koristiti za planiranje i primjenu preciznih agrotehničkih mjera.

Napomena

Ovaj rad nastao je djelovanjem projekta Napredna i prediktivna poljoprivreda za otpornost klimatskim promjenama kojeg je sufinancirala Europska unija iz Fonda za regionalni razvoj, br. KK.05.1.1.02.0031.

Literatura

- Chaddock R.E. (1925). Principles and Methods of Statistics“(1st Edition), Houghton Mifflin Company, The Riverside Press, Cambridge. 248: 303.
- Jensen J.R. (1996). Introductory digital image processing: a remote sensing perspective (No. Ed. 2). Prentice-Hall Inc.
- Lillesand T.M., Kiefer R.W., Chipman J.W. (2004). Remote sensing and image interpretation. 5th ed. John Wiley & Sons, New York.
- Lin M., Huybers P. (2012). Reckoning wheat yield trends. Environmental Research Letters. 7 (2): 024016.
- Panda S.S., Ames D.P., Panigrahi S. (2010). Application of vegetation indices for agricultural crop yield prediction using neural network techniques. Remote sensing. 2 (3): 673-696.
- Porter J.R., Xie L., Challinor A.J., Cochrane K., Howden S.M., Iqbal M.M., Lobell D.B., Travasso M.I. (2014). Food security and food production systems. U: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (ur.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, SAD, str. 485-533.
- Skendžić S., (2022). Vegetacijski indeksi – alati za procjenu stanja usjeva pšenice. Glasilo biljne zaštite. 3: 329-344.

Vegetation indices as tools for wheat yield evaluation

Abstract

Current and upcoming climate changes will impact wheat production in the form of reduced yields, increased costs, and a necessary deviation from traditional cultivation. The aim of this paper is to show the possibilities of yield estimation for five winter wheat cultivars grown in three microclimatically different locations using vegetation indices. In 2022, the growth and development of winter wheat was observed with a portable spectroradiometer, and the vegetation indices NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) and SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) were calculated at tillering and heading stages. Grain yields in kg/ha were recorded. Correlations between the vegetation indices NDVI and SAVI and grain yield were determined and described by linear models of medium strength. The obtained results can be used for planning precise agrotechnical measures.

Keywords: vegetation indices, NDVI, yield, winter wheat, spectroradiometer